



UNIVERSITA' DI PISA  
Facoltà di Medicina Veterinaria

**CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA  
IN MEDICINA VETERINARIA**

Tesi di Dottorato:

***“Le patologie legate a difetti di allineamento  
dell’arto posteriore del cane”***

Dottorando:

*Dott.ssa Consuelo Ballatori*

Dodente guida:

*Prof. Mario Modenato*



*ANNI ACCADEMICI 2004-2006*

## **INDICE**

<i>INTRODUZIONE .....</i>	<i>pag. 3</i>
<i>CAPITOLO 1: RICHIAMI DI ANATOMIA.....</i>	<i>pag. 5</i>
<i>CAPITOLO 2: BIOMECCANICA DELL'ARTO POSTERIORE DEL CANE.....</i>	<i>pag. 16</i>
<i>CAPITOLO 3: STUDIO DELLE DEFORMITA' DELL'ARTO POSTERIORE.....</i>	<i>pag. 32</i>
3.1. Studio radiografico dell'arto posteriore.....	pag. 32
3.2. Interpretazione radiografica delle deformità scheletriche dell'arto posteriore.....	pag. 41
<i>CAPITOLO 4: EFFETTI DELLE DEFORMITA' SCHELETRICHE.....</i>	<i>pag. 67</i>
<i>CAPITOLO 5: STUDIO SPERIMENTALE.....</i>	<i>pag. 84</i>
5.1. Prima fase: Sperimentazione su preparato anatomico isolato.....	pag. 85
5.2. Seconda fase: Sperimentazione su cadaveri.....	pag. 96
5.3. Terza fase: Revisione della casistica clinica.....	pag. 110

*DISCUSSIONI*..... pag. 122

*CONCLUSIONI* ..... pag. 130

*BIBLIOGRAFIA* ..... pag. 132

*APPENDICE*..... pag. 141

## **INTRODUZIONE**

*“I muscoli e le ossa... sono inseparabilmente associati e connessi; diventano un tutt’uno ed agiscono e reagiscono insieme. Fra il muscolo e l’osso, non può esserci alterazione dell’uno che non si correli alla variazione dell’altro... Questo porta alla similitudine dell’ingegneria con la biologia...”*. Queste poche righe, citate da Arnoczky S.P. nel 1977, riassumono il concetto base della rivoluzione che caratterizza il mondo dell’ortopedia e della chirurgia ortopedica veterinaria negli ultimi decenni: l’allineamento e la stabilità delle strutture articolari è in stretta relazione con l’equilibrio esistente fra componente scheletrica e muscolare<sup>4</sup>.

Molte condizioni che provocano zoppia agli arti posteriori del cane possono essere considerate conseguenza diretta di una alterata distribuzione delle forze dinamiche che agiscono su tutto l’arto: questo si può verificare in seguito ad anomalie scheletriche degli arti posteriori, come esito di traumi a carico della cartilagine epifisaria del cucciolo, di difetti d’accrescimento o addirittura della stessa selezione genetica. Patologie per così dire “storiche” del cane, come la displasia d’anca, la lussazione rotulea o la rottura del legamento crociato anteriore, sono state completamente stravolte dalle nuove concezioni di biomeccanica attiva. Esse non vengono più considerate come entità indipendenti, legate esclusivamente ad alterazioni delle strutture articolari coinvolte nella patologia stessa, ma sono influenzate da un complesso sistema di forze statiche e dinamiche che concorrono a garantire un corretto funzionamento dell’intero arto pelvico.

L’approccio diagnostico e terapeutico alle patologie dell’anca, del ginocchio e del garretto cambia, e assumono un ruolo di primo piano l’allineamento scheletrico e desmo-muscolo-tendineo di tutto l’arto pelvico.

In medicina umana le problematiche connesse ai difetti di allineamento degli arti sono affrontate da tempo da molti autori, mentre in ambito veterinario la bibliografia è ancora scarsa.

Per quanto nella clinica sia ormai comunemente accettata la necessità di individuare e quantificare le deformità scheletriche presenti, gli studi sulla

valutazione della morfologia ossea, soprattutto femorale, sono pochi e non forniscono protocolli standardizzati, né riferimenti univoci e costanti.

Scopo del nostro lavoro è il confronto fra i metodi proposti in letteratura per studiare ed interpretare la morfologia femorale, al fine di stabilire, se possibile, un protocollo capace di fornire uno studio anatomo-radiografico specifico.

Dopo una accurata revisione della letteratura presente in materia di allineamento dell'arto posteriore del cane, è stato eseguito lo studio di un preparato anatomico di femore, con l'obiettivo di confrontare diversi metodi di valutazione della morfologia ossea, dal punto di vista della semplicità di esecuzione, oggettività e affidabilità dei risultati.

Nella seconda fase, sono state messe a confronto tre diverse proiezioni radiografiche menzionate in bibliografia per lo studio del femore, al fine di stabilire la più idonea per semplicità di esecuzione ed correlazione con la reale conformazione scheletrica.

La terza fase è stata incentrata sulla revisione della casistica clinica in materia di patologie dell'allineamento dell'arto posteriore. Sono stati rivalutati, alla luce delle informazioni emerse dalla ricerca bibliografica e dalle prime fasi dello studio, alcuni dei casi di lussazione rotulea pervenuti presso il Dipartimento di Clinica Veterinaria dell'Università di Pisa nel triennio 2004-2006. I risultati scaturiti sono stati successivamente utilizzati per rivedere, da un punto di vista critico, le cause di fallimento di alcuni interventi, al fine di valutare se e come la costante applicazione nella pratica clinica dei protocolli esaminati nel nostro studio possa migliorare le probabilità di successo della terapia chirurgica.

# CAPITOLO 1

## RICHIAMI DI ANATOMIA

L'*articolazione dell'anca o articolazione coxo-femorale* è un'enartrosi costituita dalla testa del femore e dalla cavità acetabolare, ed è mantenuta stabile dalla conformazione della muscolatura circostante, dall'effetto di depressione esercitato dal fluido sinoviale e dal legamento rotondo.

La cintura pelvica ha il compito di unire l'arto pelvico al tronco; la sua funzione essenziale è sostenere il corpo ed assicurare la propulsione. Essa è costituita dai due coxali, in ciascuno dei quali, nell'animale giovane, è ancora riconoscibile la suddivisione in tre ossa e precisamente: l'osso iliaco situato cranio-dorsalmente, l'osso pubico posto cranio-ventralmente e l'osso dell'ischio che si trova caudo-ventralmente.

Nello spazio compreso dorsalmente tra i due coxali si colloca l'osso sacro, orientato ventralmente, il quale, mediante il suo rapporto articolare con le ossa iliache, assicura il collegamento dell'arto pelvico alla colonna vertebrale. Questa struttura assai complessa costituisce la *pelvi*, che è completata da formazioni legamentose e muscolari.

Le tre ossa del coxale si saldano mediante ossificazione delle cartilagini di giunzione e convergono nell'*acetabolo*, cavità emisferica aperta lateralmente e ventro-caudalmente, destinata ad accogliere l'osso della coscia. I corpi dell'ileo e dell'ischio costituiscono le parti cranio-laterale e caudo-laterale dell'acetabolo, il corpo del pube s'insinua, dal lato mediale, fra le due predette ossa.

La cavità acetabolare ha una forma che perfettamente si adatta a quella della testa del femore, con il quale si articola; così la faccia semilunare rivestita di cartilagine e situata perifericamente, serve per l'articolazione mentre la fossa dell'acetabolo, rugosa ed in posizione più centrale, funge da fossa per l'inserzione di legamenti. Il suo margine, sormontato da un cercine cartilagineo, il labbro acetabolare, è interrotto in corrispondenza della fossa dell'acetabolo da un'incisura, l'incisura dell'acetabolo, per il passaggio di legamenti (Fig.1.1).

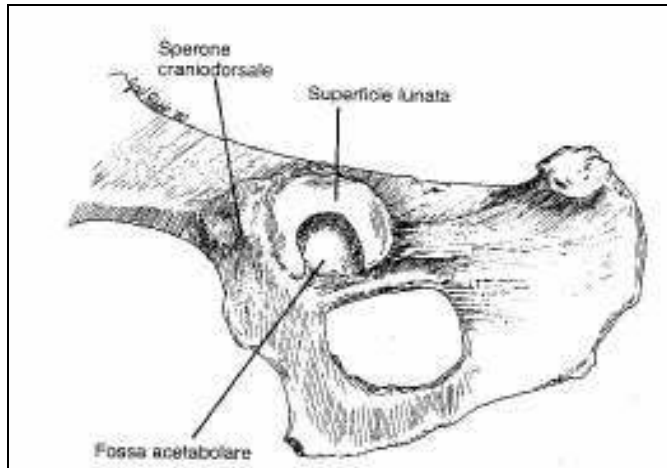


Figura 1.1: Veduta ventro-laterale dell'emipelvi del cane<sup>81</sup>.

Il femore è l'osso più lungo e robusto dello scheletro e ha direzione cranio-ventrale e leggermente laterale. Il capo articolare prossimale, la *testa del femore*, ha forma emisferica e sporge medialmente e cranialmente. E' provvista di una fossa legamentosa, la *fovea capitis*, ed è distinta dal corpo da un *collo* ben evidente. Lateralmente al capo articolare si trova il grande trocantere, la cui faccia mediale s'incava nella fossa trocanterica. Nella superficie mediale del femore, distalmente alla testa, si trova il piccolo trocantere; tra i due trocanteri c'è la linea intertrocanterica e sul lato caudale è tracciata una distinta, smussata e rugosa cresta intertrocanterica (Fig.1.2 e 1.3)<sup>27</sup>.

La struttura del femore è quella tipica delle ossa lunghe; la sua particolarità consiste nell'articolazione della sua estremità prossimale, che sporge sul lato mediale rispetto all'asse dell'osso; perciò il peso portato dalla testa del femore deve essere trasmesso al resto dell'osso mediante il collo. Si rivelano quindi di fondamentale importanza le strutture complementari di connessione fra la pelvi e il femore, quali:

- ✓ La capsula articolare, che origina dalla rima acetabolare laterale e si inserisce sul collo del femore, avvolgendo completamente l'articolazione.
- ✓ Il legamento rotondo, un fascio fibroso intrarticolare, corto e robusto, che vincola la fovea capitis femorale alla fossa legamentosa

dell'acetabolo; ha il compito di limitare l'eccessivo allontanamento dei due capi articolari.

✓ Le strutture muscolari periarticolari, comprendenti i muscoli glutei, rotatori interni ed esterni e, medialmente, il muscolo ileopsoas.

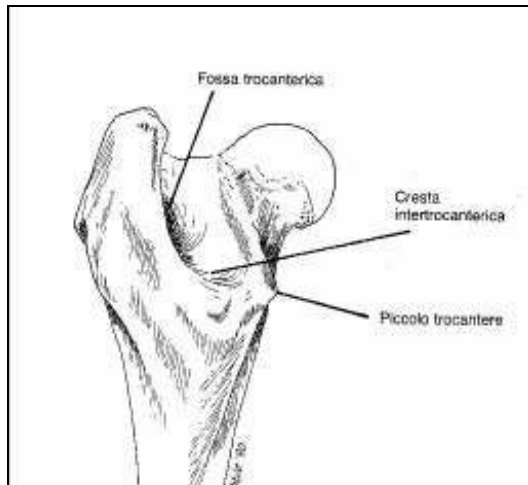


Figura 1.2: Superficie caudale della testa, del collo e della diafisi femorale<sup>4</sup>.

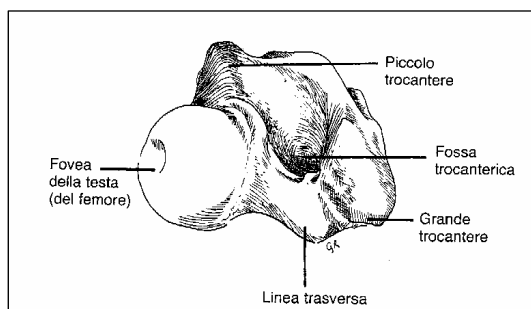


Figura 1.1.: Superficie dorso-caudale della testa, del collo e della diafisi femorale<sup>4</sup>.

La *diafisi femorale* presenta una curvatura a convessità craniale ed ha forma molto diversa nelle singole razze canine.

L'*estremità distale del femore* presenta due rilievi articolari incurvati caudo-distalmente, il *condilo mediale* ed il *condilo laterale*, che nel ginocchio entrano in rapporto articolare con la tibia, mediante l'interposizione di menischi cartilaginei.



L'*articolazione del ginocchio o articolazione femoro-tibio-rotulea* è composta dalle articolazioni femoro-rotulea, che assicura il rapporto della patella con la troclea femorale, e femoro-tibiale, che mette in connessione i condili femorali con l'estremità prossimale della tibia. Le due componenti sono, però, interdipendenti perché la rotula è strettamente connessa alla tibia da tessuto legamentoso, cosicché ogni movimento fra femore e tibia comporta un movimento fra rotula e femore; la corretta interazione fra di esse garantisce l'efficienza meccanica necessaria per la flessione ed estensione dell'arto<sup>34</sup>.

L'articolazione è quindi classificata come una diartrosi complessa che permette i movimenti di flessione ed estensione, così come quelli assiali e laterali; anche se per considerarla tale dobbiamo tenere presente che la superficie, altrimenti piatta, di ogni condilo tibiale è trasformata in cavità glenoidea perfettamente modellata sul condilo femorale da due dischi fibrocartilaginei, i menischi articolari<sup>55</sup>.

L'*epifisi distale del femore* è costituita dai due condili leggermente obliqui, che sporgono caudalmente delimitando la fossa intercondiloidea, la quale si presenta ampia e rugosa; essa riceve l'omonima eminenza tibiale e dà attacco a numerosi legamenti. Entrambi i condili presentano sul loro margine prossimale, in posizione caudale, una superficie articolare per le ossa sesamoidee del muscolo gastrocnemio. Le due labbra della troclea femorale raggiungono prossimalmente il medesimo livello e delimitano il solco o fossa trocleare, che, in condizioni fisiologiche, accoglie la rotula; prossimalmente il solco termina in una piccola depressione definita fossa soprapatellare. La superficie laterale, non articolare, di ciascun condilo è detta epicondilo e si presenta rugosa con una fossa ed un tubercolo legamentoso poco evidenti. Sul bordo distale del condilo laterale è distinguibile la fossa estensoria e più caudalmente la fossetta del muscolo popliteo.

La *rotula o patella* è un osso sesamoideo accolto nello spessore del tendine del muscolo quadricipite; situata cranialmente al femore distale è contenuta nel solco trocleare del femore.

Si presenta di forma ovalare, schiacciata in senso cranio-caudale, con faccia craniale convessa e superficie caudale articolare a forma di sella; la base è più appuntita dell'apice distale. Essa presenta tre appendici fibro-cartilaginee: le fibrocartilagini soprapatellari e parapatellari, mediale e laterale.

Le ossa sesamoidee dei muscoli gastrocnemi o ossicini del Vesalio o fabelle sono alloggiare nell'inserzione tendinea dei muscoli gemelli della gamba; ognuna di esse è in contatto con la faccia articolare sesamoidea, laterale o mediale, del corrispondente condilo femorale. Latero-caudalmente alla testa del perone, accolto nel tendine del muscolo popliteo, si trova il *piccolo sesamoideo accessorio*, che prende rapporto con il menisco laterale.

L'epifisi prossimale della tibia presenta due superfici articolari quasi piane, dette condili tibiali, uno laterale ed uno mediale, destinati all'articolazione con i condili femorali. I condili della tibia sono separati da un rilievo mediano, l'eminanza intercondiloidea, che presenta due tubercoli, di cui il laterale è più esteso prossimalmente. I limiti fra i condili sono segnati caudalmente dall'incisura poplitea, e cranialmente dalla tuberosità tibiale. Sul margine latero-distale del condilo laterale esiste una fossetta adibita all'articolazione con la testa della fibula<sup>8,55</sup>.

L'articolazione femoro-tibiale è parzialmente occupata dai *menischi*, che hanno la funzione di migliorare la congruenza della superfici articolari e assorbire le forze compressive che attraversano l'articolazione. Sono due strutture fibro-cartilaginee a forma di "C" con il margine interno concavo e sottile, e margine esterno convesso e piuttosto spesso; la faccia prossimale, rivolta verso il femore, è concava, mentre quella distale, in contatto con la tibia, è piana al pari della superficie articolare di quest'ultima (Fig.1.6)<sup>65</sup>.

I principali mezzi di sostegno del ginocchio sono:

✓ La *capsula articolare*, che consta di tre sacchi intercomunicanti, due dei quali si trovano lateralmente e medialmente ai condili femorali e tibiali; il terzo, patellare, si stacca dalla fibro-cartilagine parapatellare per inserirsi a pochi centimetri dalla troclea e prossimamente si estende per due centimetri sotto il tendine tibio-rotuleo (Fig.1.4).

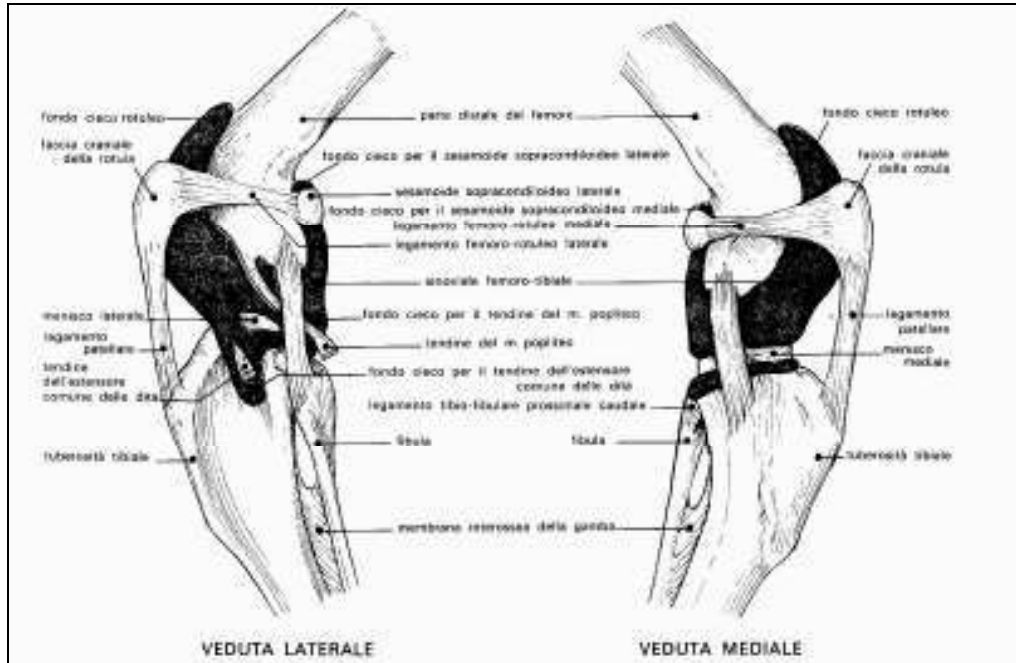


Figura 1.4: Struttura della capsula articolare del ginocchio del cane<sup>8</sup>.

✓ I *legamenti femoro-tibiali*, che sono quattro e svolgono un ruolo di primo ordine nella stabilità e funzionalità articolare.

Il *legamento crociato anteriore (CrCL)* è intrarticolare ed origina dalla faccia caudo-mediale del condilo laterale del femore per inserirsi, con direzione cranio-mediale, nell'area intercondiloidea craniale del plateau tibiale (Fig 1.5).

Il *legamento crociato caudale (LCP o CdCL)* è anch'esso intrarticolare ed origina dalla superficie laterale del condilo mediale del femore per inserirsi nell'area intercondiloidea caudale e nell'incisura poplitea della tibia; è nettamente più lungo e più resistente del craniale (Fig.1.5).

Il *legamento collaterale laterale (LCL)* origina dall'epicondilo laterale del femore e si inserisce sulla testa della fibula con qualche fibra che va fino al condilo laterale dell'adiacente tibia e decorre distalmente per incrociarsi con il tendine del muscolo popliteo.

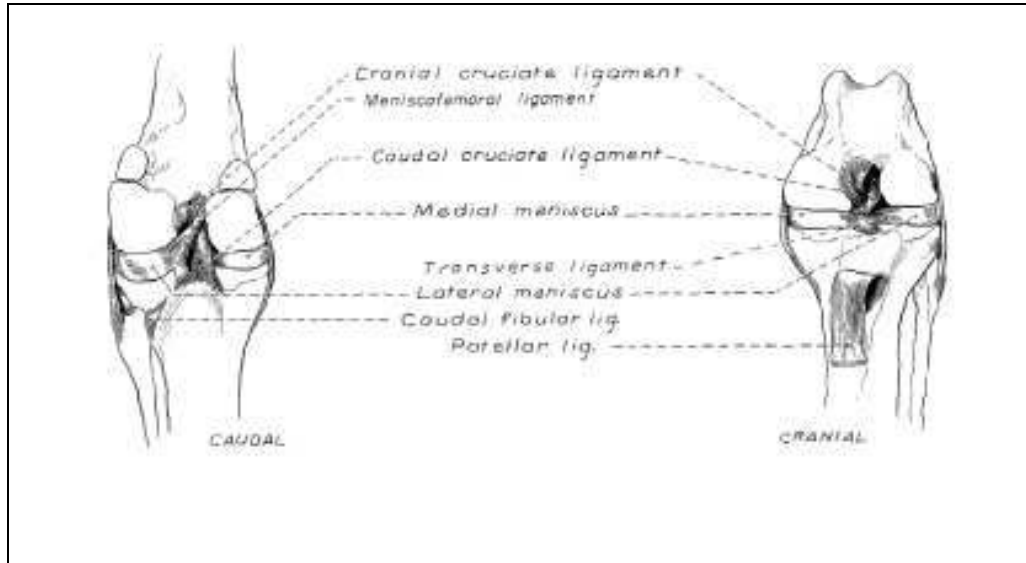


Figura 1.5: Legamenti del ginocchio sinistro del cane (Veduta caudale, a sinistra, e craniale, a destra).

Il *legamento collaterale mediale (MCL)* origina dall'epicondilo mediale del femore e si inserisce sul margine mediale della tibia appena distalmente al condilo mediale tibiale; al contrario del laterale (LCL) si presenta fuso con la capsula articolare ed il menisco mediale<sup>65</sup>.

✓ I *legamenti femoro-rotulei* o retinacoli della patella, laterale e mediale, sono delle strette bande di fibre lasse che si fondono parzialmente con la fascia lata; il laterale va dal margine laterale della rotula all'ossicino del Vesalio, fondendosi con il capo del muscolo gastrocnemio, mentre il mediale si fonde con il periostio dell'epicondilo mediale del femore (Fig.1.4).

✓ Il *legamento patellare o tibio-rotuleo* è in realtà una porzione del tendine del muscolo quadricipite femorale e si estende dalla faccia craniale e dall'apice della rotula fino alla tuberosità della tibia. E' separato dalla capsula articolare per mezzo del grasso infra-patellare che si presenta, distalmente, molto spesso; tra il legamento e la tuberosità tibiale spesso è localizzata una piccola borsa sinoviale.

✓ I *legamenti meniscali* sono in totale sei: quattro tibiali, due per ogni menisco, rispettivamente uno craniale ed uno caudale, che assicurano tali strutture alla tibia; uno femorale, unico mezzo di adesione del menisco al

femore; ed uno intermeniscale o trasverso, che risulta essere l'unico mezzo di unione tra i due menischi (fig. 1.6).

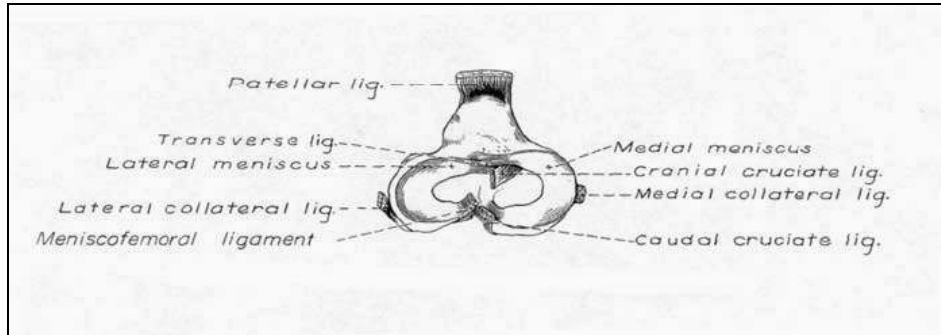


Figura 1.6: Legamenti del ginocchio sinistro del cane (Veduta caudale)

Il corpo della *tibia* ha forma di prisma triangolare nella porzione più prossimale, per assumere una sezione pressoché cilindrica distalmente. Sul piano frontale disegna due lievi curve ad “S”, una prossimale a convessità mediale e l'altra distale a convessità laterale.

L'*epifisi distale* è caratterizzata da una superficie articolare a forma di coclea, la *coclea tibiale*, divisa in due parti da una cresta sagittale e destinata a ricevere la superficie articolare astraglica. Nel lato mediale la coclea viene superata, in direzione distale, dal malleolo mediale, e lateralmente si apprezza l'incisura fibulare per l'articolazione con la fibula; quest'ultima porta distalmente il malleolo laterale.

Il **tarso** è una struttura piuttosto complessa, perché vi sono incluse l'epifisi distale della tibia con la coclea articolare, le ossa tarsali e l'estremità prossimale delle ossa metatarsali. Si distinguono:

- ✓ L'*articolazione tibio-tarsica o tarso crurale*, ovvero l'articolazione fra la tibia e la fibula da una parte, ed astragalo e calcaneo dall'altra, che può considerarsi un ginglimo angolare.

- ✓ Le *articolazioni intertarsiche*, una serie di artrodie, fra cui riconosciamo l'articolazione astragalo-calcaneare, l'articolazione calcaneo-quarta, l'articolazione astragalo-calcaneo-centrale e l'articolazione centro-distale.

✓ L'*articolazione tarso-metatarsica*, tra le ossa della fila distale del tarso ed i metatarsi.

Similmente al carpo, le strutture legamentose e la capsula articolare svolgono il ruolo decisivo nella stabilità articolare, mancando quasi completamente l'ausilio della componente muscolare, come invece accade nei segmenti prossimali dell'arto. I legamenti collaterali mediale e laterale presentano una componente lunga, che assicura la stabilità del garretto in estensione, ed una componente breve che agisce quando l'articolazione è in posizione flessa. I legamenti plantari e la fibrocartilagine tarsale sono ben sviluppati e limitano l'iperestensione dorsale delle articolazioni intertarsiche e tarso-metatarsiche; i legamenti dorsali, piccoli e corti, connettono tra loro le ossa tarsali adiacenti e contribuiscono, assieme alla capsula articolare alla stabilità dell'articolazione<sup>9</sup>.

L'arto pelvico, nonostante sia sottoposto ad un carico ponderale inferiore rispetto all'arto toracico, presenta una **muscolatura** nettamente più sviluppata e complessa; ciò dipende dal fatto che svolge un ruolo fondamentale per la trasmissione dell'impulso sul tronco durante il movimento di progressione del corpo e deve fornire, quindi, la spinta propulsiva adeguata. Vista la complessità dell'argomento, in questa sede affronteremo soltanto gli aspetti strettamente correlati alle problematiche di allineamento dell'arto posteriore e rimandiamo l'analisi accurata delle singole componenti muscolari a testi specifici.

L'elemento muscolare principale di tutto l'arto posteriore è senza dubbio il *gruppo muscolare del quadricipite femorale*, che costituisce un potente estensore dell'articolazione del ginocchio, e pertanto, con arto in appoggio, partecipa energicamente allo spostamento in avanti del tronco; contribuisce alla stabilità del ginocchio e, conseguentemente, di tutto l'arto. E' formato dai *muscoli vasto laterale*, *vasto intermedio*, *vasto medio* e dal *muscolo retto craniale della coscia*; quest'ultimo, a differenza degli altri che partono dall'epifisi prossimale del femore (i muscoli vasto laterale e intermedio cranialmente al terzo trocantere, il muscolo vasto medio cranialmente al piccolo trocantere), origina più medialmente a livello del bacino, sul corpo dell'ileo. I quattro ventri muscolari poi si continuano nel *tendine del muscolo quadricipite o patellare o tibio-rotuleo* che decorre, come detto, sul

marginale dorsale della rotula per inserirsi sulla tuberosità tibiale. Il gruppo dei muscoli del quadricipite, la rotula, il solco trocleare, il legamento tibio-rotuleo e la cresta tibiale costituiscono il cosiddetto “*meccanismo estensore del ginocchio*”, che svolge un ruolo decisivo nella biomeccanica di tutto l’arto posteriore. All’estensione dell’articolazione femoro-tibio-rotulea partecipano anche il *muscolo tensore della fascia lata*, che origina dalla spina iliaca ventrale craniale e si continua nella fascia lata, ed il *muscolo sartorio*, che dalla cresta iliaca si porta fino alla fascia mediale del ginocchio e alla tibia prossimale; entrambi agiscono come flessori dell’articolazione coxo-femorale, portando in avanti tutto l’arto in sospensione, ed estensori del ginocchio.

Il gruppo dei muscoli flessori del ginocchio è costituito dai muscoli posteriori della coscia, dal *popliteo* e dai *gastrocnemi*. Il gruppo dei posteriori della coscia è formato da muscoli che originano dalla tuberosità ischiatica e si inseriscono a livello della fossa poplitea sia laterali, sia mediali; di questo gruppo fanno parte il *bicipite femorale*, l’*abducente caudale della gamba*, il *muscolo semitendinoso*, e quello *semimembranoso*, e tutti svolgono una duplice funzione, estensoria a carico dell’anca e flessoria sull’articolazione del ginocchio, contribuendo in modo decisivo alla spinta propulsiva. Il muscolo bicipite femorale si inserisce sulla fascia lata medialmente all’articolazione insieme all’abducente della gamba; il semitendinoso si inserisce a livello della porzione distale del margine craniale della tuberosità tibiale con un robusto tendine; il popliteo si porta ventro-medialmente a livello della linea poplitea, e il semimembranoso si divide in due porzioni che si portano rispettivamente sull’epicondilo mediale femorale e sulla tuberosità mediale della tibia. I muscoli gastrocnemi, laterale e mediale, originano dalle tuberosità sopracondiloidee femorali e, incorporando le ossa sesamoidee, si fondono distalmente a formare la corda del garretto fino alla tuberosità calcaneale; oltre all’azione flessoria esercitata sul ginocchio, svolgono anche un ruolo importante nell’estensione dell’articolazione tibio-tarsica.

Infine è importante richiamare il *muscolo gracile* che, localizzato sulla porzione caudale della coscia, si inserisce sotto la porzione caudale del sartorio per tutto il margine craniale della tibia, e che, insieme ai muscoli semitendinoso e

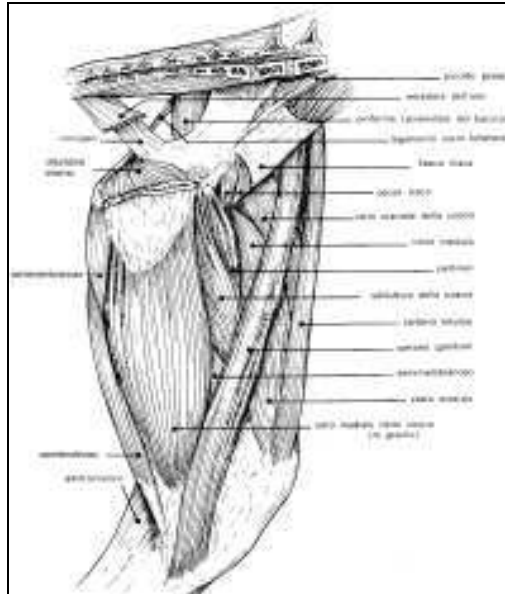
[illegible]

Figura 1.7: Muscoli della  
coscia, piano profondo,  
veduta mediale<sup>8</sup>.



## CAPITOLO 2

# **BIOMECCANICA DELL'ARTO** **POSTERIORE DEL CANE**

Nel tempo sono state eseguite molteplici valutazioni degli angoli fra i vari segmenti scheletrici dell'arto posteriore, da diversi autori e con risultati piuttosto variabili, come è facile immaginare vista la varietà morfologica delle popolazioni canine.

In generale si possono assumere come valori medi per la pelvi un'inclinazione di  $40^\circ$  sull'orizzonte diretta cranialmente, mentre il femore presenta sia un angolo di  $105^\circ$  caudalmente, sia un angolo di abduzione di  $10^\circ$ ; la tibia forma con il terreno un angolo di  $50^\circ$ , aperto cranialmente. Il femore si articola prossimamente con l'acetabolo formando un angolo flessorio craniale di  $110^\circ$  e distalmente con la tibia formando un angolo di circa  $130^\circ$ .

L'*articolazione coxo-femorale* è un'articolazione sferica caratterizzata da una enartrosi, tipo di giuntura che consente, anche grazie ai numerosi muscoli che vi agiscono, un ampio margine di movimenti; in particolare si distinguono tre gradi di libertà, ovvero la rotazione sui tre piani ortogonali, mentre non è consentita la traslazione lungo tali piani. I movimenti normali sono rappresentati da: flessione-estensione, intrarotazione-extrarotazione e abduzione-adduzione<sup>85</sup>.

Nella flessione, la testa del femore ruota nella cavità acetabolare, in modo tale che l'estremità distale del femore viene portata cranio-dorsalmente. In questo movimento la testa del femore tende ad uscire dall'acetabolo in direzione caudale, ma è mantenuta in sito dalla trazione esercitata dai muscoli glutei; anche il legamento della testa del femore si oppone alla flessione, quando questa diviene troppo spinta.

L'estensione mette in funzione meccanismi inversi alla flessione; la testa del femore tende a sub-lussare in direzione craniale e questo movimento è impedito dai rinforzi che la capsula presenta da questo lato, dal legamento rotondo e dall'azione del capo lungo del quadricipite femorale (retto craniale della coscia).

I movimenti d'adduzione e d'abduzione sono abbastanza ampi, anche se risultano limitati se paragonati a quelli dell'uomo.

La rotazione è possibile soltanto durante la semiflessione dell'arto; i muscoli glutei e il tensore della fascia lata ruotano l'anca internamente, mentre i muscoli otturatore interno ed esterno, gemelli, quadrato femorale e ileopsoas consentono l'extra-rotazione dell'arto.

Il femore incontra la pelvi in modo da consentire una massima stabilità ed un'ampia gamma di movimenti. Dal punto di vista biomeccanico, bisogna però tener presente che l'articolazione fra testa e acetabolo si trova in posizione svantaggiosa, perché sporge sul lato mediale rispetto all'asse lungo del femore; perciò, il peso portato dalla testa del femore deve essere trasmesso al resto dell'osso mediante il collo.

A livello dell'anca, la forza risultante sulla testa femorale ( $F_h$ ), può essere vista come la somma di un'infinita serie di vettori di forza distribuiti sulla superficie articolare. Poiché l'asse del centro di gravità del cane è mediale rispetto all'articolazione, il carico sull'anca esplica una forza di torsione con un braccio di leva uguale alla distanza tra il centro di gravità ed il centro della testa femorale. Questa forza torcente viene contrastata da una torsione uguale ed opposta generata dai muscoli abduttori (muscoli glutei) con un braccio di leva (braccio di momento) perpendicolare al vettore del muscolo gluteo, e si propaga fino al centro della testa del femore. La somma del peso (forza di carico), e della forza dei muscoli abduttori determina un carico intra-articolare, che in condizioni fisiologiche supera il peso corporeo<sup>30</sup>.

Fattori importanti che caratterizzano la forza risultante che agisce sulla testa femorale ( $F_h$ ) sono la sua intensità, ma anche la sua direzione d'azione. In termini meccanici, il sistema muscolo-scheletrico funziona in modo più efficiente e manifesta la sua massima forza quando soggetto alla pura compressione. La pura compressione implica che la forza risultante agisca lungo l'asse centrale della struttura ortogonalmente (perpendicolare) al terreno; la condizione ideale, quindi, è quando una forza risultante agisce, allo stesso tempo, attraverso il centro dell'articolazione e ortogonalmente al terreno. Questo però non avviene nell'anca, in cui le forze agiscono eccentricamente.

Il vettore che rappresenta il carico intra-articolare si dirige lungo le linee di tensione trabecolari della porzione prossimale del femore. L'orientamento delle trabecole segue l'orientamento delle linee di forza risultanti sulla testa femorale, e risente principalmente delle forze di compressione. Se la direzione delle forze che agiscono sull'articolazione dell'anca si alterano, si creano superfici di tensione e di compressione nonché forze di slittamento che possono modificare l'orientamento delle trabecole.

Risulta quindi fondamentale, ai fini di una completa comprensione dei meccanismi che agiscono sull'articolazione coxo-femorale, un'analisi dettagliata delle caratteristiche morfologiche e dell'orientamento nello spazio del collo femorale.

I fattori critici che influenzano la forza dei muscoli abduttori ed il carico articolare in un cane in stazione sono: l'angolo di inclinazione del collo femorale, la lunghezza del collo, la posizione del trocantere e la distanza della testa del femore dal centro di gravità.

In un quadrupede in movimento, la maggior parte delle forze intra-articolari si orienta cranialmente su un piano orizzontale, al contrario delle forze che si dirigono verticalmente nell'animale che sta in stazione. Di conseguenza, l'angolo di anterversione e l'angolo di inclinazione del collo femorale, assumono una grande importanza. Come vedremo in seguito, un allontanamento degli angoli di inclinazione e anterversione del femore dai valori fisiologici altera notevolmente l'effetto delle forze di tensione intra-articolare, la direzione della forza risultante sulla testa femorale, nonché l'equilibrio meccanico di tutto l'arto (Figura 2.1)<sup>30,98</sup>.

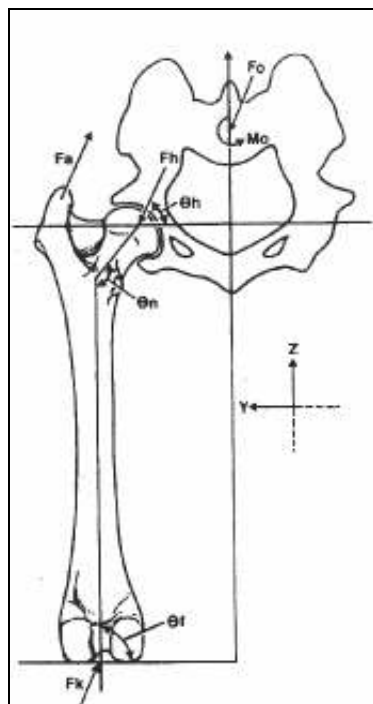


Figura 2.1: Le principali forze che agiscono sull'articolazione dell'anca nel piano zy o trasversale sono la forza di abduzione ( $F_a$ ), il peso corporeo ( $F_o$ ), la forza di reazione a terra ( $F_k$ ) e la forza totale dell'anca ( $F_h$ ).  $M_o$  rappresenta il momento creatosi attorno alla colonna vertebrale per mantenere il livello delle pelvi. Angoli importanti da considerare sono l'angolo della forza dell'anca ( $\theta_h$ ), l'angolo d'inclinazione ( $\theta_n$ ) e l'angolo di abduzione-adduzione ( $\theta_f$ ).

L'**articolazione del ginocchio** è un'articolazione funzionalmente complessa, che consta principalmente di due gradi di libertà di movimento: la flessione-estensione lungo un asse trasversale passante attraverso il centro dei condili femorali, a cui si può aggiungere un movimento accessorio di rotazione della gamba intorno all'asse longitudinale della tibia, che attraversa il plateau tibiale appena medialmente alle eminenze intercondilari; quest'ultimo è reso possibile non solo dalla forma dei capi articolari, ma anche dalla motilità dei menischi.

In particolare, durante il movimento di flessione, il condilo laterale è dislocato caudalmente, con conseguente intrarotazione della tibia; il contrario accade durante l'estensione. Sul piano sagittale, a causa della forma a camma dei condili, si ha un movimento del femore in senso cranio-caudale durante la flessione ed inverso nell'estensione. La tibia scivola insieme ai menischi sui condili femorali, il cui asse di rotazione comune si trova in posizione eccentrica ed, oltre alla rotazione, subisce anche uno spostamento in varo e in valgo<sup>34</sup>. A questi movimenti di traslazione si oppongono con azione frenante, soprattutto durante la flessione, di muscoli e legamenti<sup>86</sup>.

I limiti normali di movimento sono 40° in flessione e 150° in completa estensione.

Dal punto di vista biomeccanico, possiamo paragonare il ginocchio a un cilindro, rappresentato dall'insieme dei due condili, poggiante sulla superficie del plateau tibiale; ne consegue che i movimenti articolari risultano condizionati e controllati in larga misura dai legamenti e non dalle strutture ossee. Si può quindi parlare di un'articolazione legamento-dipendente<sup>86</sup>.

Il legamento crociato craniale (LCA) ha come funzione principale la prevenzione di un movimento cranio-caudale anormale, ma provvede anche alla stabilizzazione rotazionale, prevenendo un'eccessiva intra-rotazione del ginocchio; un'ulteriore funzione del LCA è quella di prevenire un'eccessiva iperestensione del ginocchio stesso. Il legamento è costituito da due porzioni principali classificate, secondo il loro punto di attacco sulla tibia, come banda cranio-mediale e caudo-laterale. La prima risulta rimanere tesa sia quando l'articolazione si presenta flessa, sia quando è estesa; la porzione caudo-laterale, invece, si presenta tesa esclusivamente quando il ginocchio è esteso (Fig. 2.2).

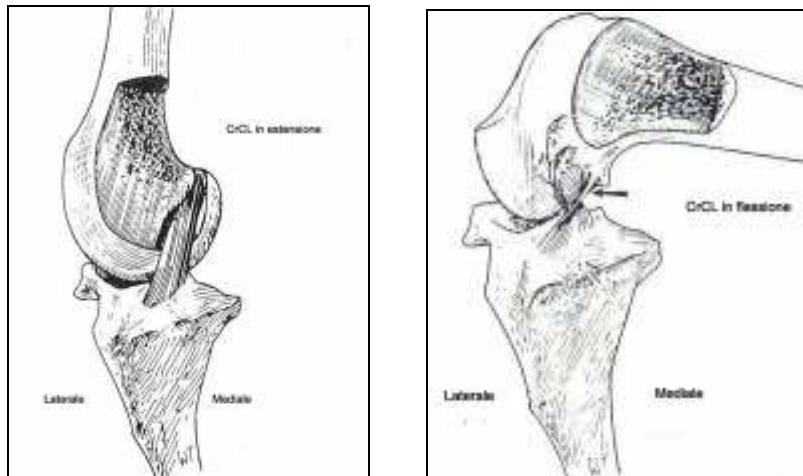


Figura 2.2: Rappresentazione del LCA con ginocchio in estensione (a sinistra) ed in flessione (a destra). [12]

La stabilità cranio-caudale, come abbiamo visto, è mantenuta da questa struttura e, più precisamente, dalla banda cranio-mediale, mentre la rotazione interna è controllata soprattutto dalla sua componente posteriore. Come riportato da Arnozky

S.P. nel 1977, la presenza di movimento cranio-caudale dell'articolazione, movimento del cassetto craniale o drawer sign, risulta essere praticamente nulla sia in estensione che in flessione, se viene recisa la banda caudo-laterale del LCA; mentre il movimento risulta incrementato di circa due millimetri, in flessione, se viene recisa la banda cranio-mediale. Se l'intero legamento risulta danneggiato abbiamo un incremento del movimento cranio-caudale anche in estensione<sup>3,4</sup>.

La stabilità è mantenuta anche dalla presenza del legamento crociato posteriore (LCP), anch'esso diviso in due componenti, una craniale ed una caudale, che funzionano indipendentemente l'una dall'altra in flessione ed estensione. La prima, craniale, è tesa quando il ginocchio è flesso e rilasciata quando è esteso, mentre, la seconda, caudale, è rappresentata da un'insieme di fibre che sono tese in estensione e rilasciate in flessione.

Il LCP impedisce lo scorrimento in direzione caudale della tibia e aiuta il corrispettivo craniale nei movimenti di estensione, in quelli di flessione ed anche nel caso di stabilizzazione per i movimenti di rotazione, esterna per quanto riguarda il LCP, interna in caso di LCA.

Per quanto riguarda i movimenti di rotazione, però, un ruolo predominante è svolto anche dai due legamenti collaterali mediale e laterale (MCL e LCL), assieme alla capsula articolare. Il MCL è il primo responsabile anche del mantenimento della stabilità in valgo, mentre per quella in varo è direttamente coinvolto il corrispettivo laterale<sup>4</sup>.

Gli spostamenti in direzione mediale e laterale conseguono generalmente a lesioni di tipo traumatico: lo scorrimento mediale della tibia si verifica in presenza di lesioni della porzione laterale della capsula articolare e del legamento meniscale femorale, mentre il suo scorrimento laterale si osserva in caso di lesione della porzione caudo-mediale della capsula e delle connessioni fibrose della regione intercondiloidea caudale<sup>34,86</sup>.

Le basi anatomiche e fisiologiche finora descritte costituiscono i fondamenti del cosiddetto *modello tradizionale*, che considera importanti solamente le strutture intra e periarticolari e la conformazione del ginocchio come responsabili della sua stabilità durante i movimenti. Il ginocchio è rappresentato generalmente come un

modello bidimensionale con un singolo grado di libertà, privo di attrito e che si muove su un singolo piano dello spazio. In questo modello si presume che i legamenti si portino dal femore alla tibia e che limitino i movimenti con la loro lunghezza. Si ottiene un sistema basato su quattro punti di riferimento che condizionano passivamente ogni tipo di movimento: i legamenti crociati anteriore e posteriore, la porzione di femore tra le inserzioni prossimali dei legamenti e la porzione della tibia tra le inserzioni distali dei legamenti (Fig. 2.3)

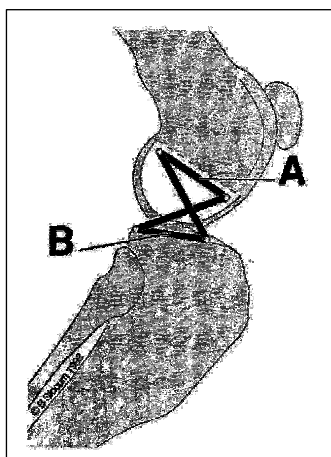


Figura 2.3:  
Rappresentazione dei  
quattro punti di  
riferimento del  
modello tradizionale di  
biomeccanica del  
ginocchio

Secondo questo modello, dal punto di vista biomeccanico, il ginocchio risulta dipendere totalmente dai legamenti crociati per quanto riguarda la stabilità tra femore e tibia, in quanto questi limitano passivamente i movimenti che superano la loro tensione; infatti, la rottura del LCA determina immediatamente sublussazione anteriore della tibia evidenziata dal movimento del cassetto<sup>91</sup>.

Osservando la diversa posizione dei vari punti di inserzione dei legamenti LCA e LCP durante la flessione e l'estensione possiamo più chiaramente comprendere la loro dinamica. Solo l'inserzione tibiale di entrambi i legamenti si trova craniale all'asse di flessione dell'articolazione, mentre le inserzioni femorali sono caudali a quest'asse. Durante la flessione l'orientamento verticale dell'inserzione del LCA diviene orizzontale; questo cambiamento porta l'inserzione delle fibre della banda caudo-laterale più vicine alla loro inserzione tibiale rendendole così più rilassate; solo la parte cranio-mediale risulta ancora tesa. Ciò accade perché la parte dorso-craniale dell'attacco femorale, che comprende la banda cranio-mediale, si sposta caudo-ventralmente anziché cranialmente.

Per quanto riguarda il LCP, la flessione dell'articolazione provoca, anche in questo caso, una modificazione dell'orientamento dell'inserzione del legamento, che però si porta da un orientamento orizzontale verso uno verticale provocando uno spostamento anteriore della parte craniale del LCP dal suo sito di attacco tibiale; tutto ciò porta ad una tensione di queste fibre in flessione. La porzione caudale del legamento, invece, si sposta ventralmente e più vicino all'inserzione tibiale portando le sue fibre ad essere rilassate durante la flessione<sup>4</sup>.

In caso di estensione, invece, entrambe le bande del LCA risultano in tensione poiché si verifica un allontanamento delle inserzioni femorali dal plateau tibiale.

I legamenti collaterali, in particolare il LCL, durante la flessione dell'articolazione risultano rilassati e ciò permette uno scivolamento caudale del condilo laterale del femore sul plateau tibiale e quindi una rotazione interna della tibia sul femore; tutto questo porta ad una leggera intrarotazione della gamba, con la precisazione che questa azione è limitata dalla presenza e torsione dei crociati durante la flessione; la rottura di entrambi i crociati porta ad una eccessiva intrarotazione tibiale (Fig. 2.4).

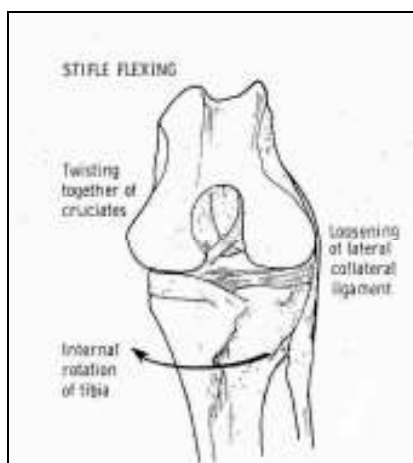


Figura 2.4:  
Meccanismo di  
intrarotazione del  
ginocchio durante la  
flessione

Al contrario, quando il ginocchio si presenta esteso, il LCL si trova teso e il condilo femorale si sposta cranialmente sul plateau tibiale determinando extrarotazione della tibia rispetto al femore; sempre in estensione i due crociati si detorcono e non determinano limitazione alla rotazione esterna, che può risultare eccessiva in caso di rottura concomitante del collaterale mediale (Fig. 2.5)<sup>3</sup>.





Figura 2.5:  
Meccanismo di  
extrarotazione del  
ginocchio durante  
l'estensione

Il modello tradizionale basa la stabilità del ginocchio quasi esclusivamente sui legamenti anche tenendo conto dei meccanismi di stabilità discussi in precedenza; secondo questa ipotesi la flessione del ginocchio è limitata dal contatto tra la coscia e la crura, non dal LCP o dal LCA, e l'estensione è limitata dal contatto tra il LCA e la porzione craniale dell'incisura intercondiloidea femorale. In iperestensione il LCA tende a rompersi, dal momento che la distanza tra le inserzioni femorali e tibiali aumenta tanto da diventare maggiore della lunghezza del legamento, mentre in seguito all'avanzamento craniale della tibia, il LCP si rilascia.

Questa ipotesi spiega la possibilità di stiramento e lesione del LCA in seguito ad iperestensione fisiologica in soggetti “*straight-legged*”, ma non tiene conto della possibilità di parziale o completa rottura del legamento in assenza di iperestensione ad eccezione di un trauma improvviso o in seguito ad una degenerazione articolare di origine sconosciuta; la stessa non motiva neanche lo schiacciamento del menisco mediale in seguito a rottura del LCA, pur riconoscendone la presenza<sup>91</sup>.

Negli ultimi decenni, per colmare le carenze della concezione statica della biomeccanica del ginocchio, è stato proposto un *modello attivo*, che amplia il precedente, incorporando nella sua teoria altre componenti, quali le forze muscolari e la forza peso. Questa nuova concezione deriva da alcuni studi di Henderson e Miller che, nel 1978, intuirono il ruolo chiave dell'inclinazione del plateau tibiale nella biomeccanica del ginocchio descrivendo il test di compressione tibiale<sup>33</sup>.

Il test dimostra che la flessione del garretto determina uno scivolamento craniale della porzione prossimale della tibia rispetto al femore; anche durante la fase di appoggio a livello dell'articolazione, si genera una forza tra il piede dell'animale e il terreno che determina una compressione tibiale spostando cranialmente la tibia<sup>91</sup>.

La spinta craniale (*cranial tibial thrust*) è una forza attiva che origina dal carico ponderale (weight bearing) e dalla compressione esercitata dai muscoli sul plateau tibiale contro i condili femorali; è inoltre favorita sia dall'azione dei muscoli estensori del ginocchio che attraverso il tendine tibio-rotuleo esercitano una trazione in senso craniale della tibia, sia dall'entità dell'inclinazione del plateau tibiale. Il carico ponderale, infatti, scaricandosi sul plateau tibiale, si scompone in due forze: una che agisce sulla tibia ed è diretta a terra (componente di compressione) ed un'altra che spinge la tibia in avanti (componente di scivolamento), spinta che è tanto maggiore quanto è più inclinato il plateau (Fig. 2.6 e 2.7).

Questa spinta craniale è anche alla base del caratteristico rumore che si sente in alcuni cani con lesioni al LCA quando il corno meniscale risulta imprigionato tra il femore e la tibia, come ha riportato Paatsama nel 1952<sup>59</sup>.

In condizioni normali la spinta craniale è neutralizzata dal LCA e dal corno caudale del menisco mediale, che rappresentano la componente passiva della forza contrapposta e dalle forze prodotte dai muscoli posteriori della coscia, in particolare dal bicipite femorale e dal gruppo del pes anserinus, che sono dirette caudalmente e che rappresentano la componente attiva.

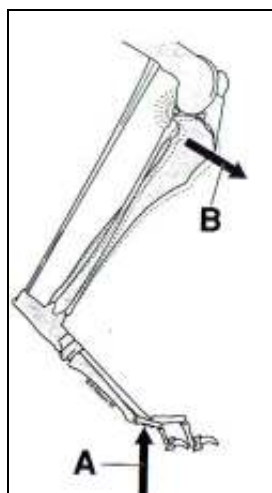


Figura 2.6: Cranial Tibial Thrust (B) generato da forza peso (A)<sup>91</sup>.

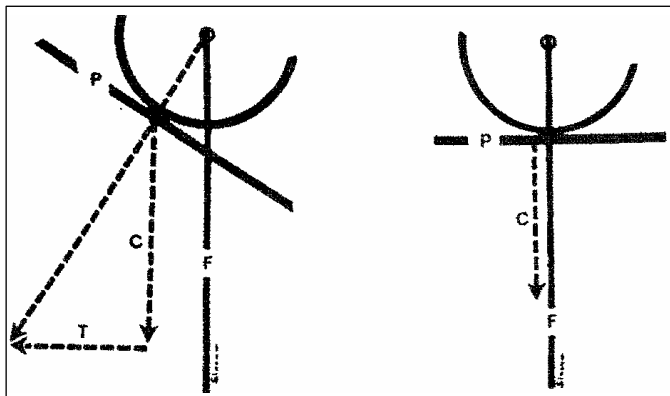


Figura 2.7: Trasmissione delle forze articolari a livello di piatto tibiale. F - asse funzionale; C - forze compressive; P - superficie del piatto tibiale; T - spinta craniale tibiale

Quando il ginocchio è in equilibrio, quindi, può essere considerato come un modello statico che include sia forze attive, i muscoli, che restrizioni passive, date dai legamenti, dalla conformazione ossea e dalla capsula articolare. Durante il movimento, le masse muscolari che sottendono alla flessione e all'estensione, insieme ai legamenti, garantiscono la stabilità del ginocchio bilanciando il peso a livello del centro rotazionale dell'articolazione e, attraverso questo equilibrio, evitano che l'arto si collassi.

Il momento di una forza muscolare è rappresentato dalla distanza perpendicolare tra la linea di trazione muscolare ed il centro di movimento di rotazione moltiplicato per la grandezza della forza; perciò affinché il ginocchio mantenga un angolo di flessione costante durante la fase di carico (weight bearing), la risultante tra i momenti della forza di flessione ed estensione deve essere in equilibrio, cioè 0 (Fig. 2.8)<sup>52,91,93</sup>.

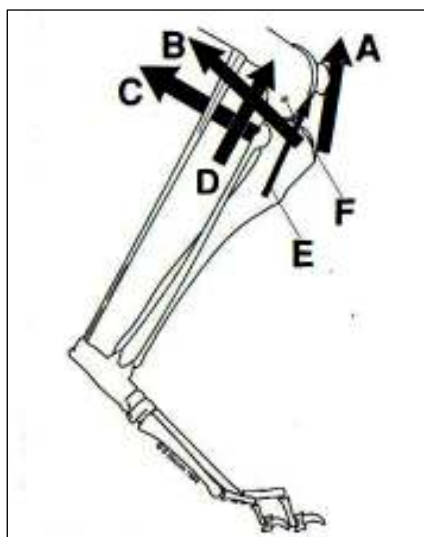


Figura 2.8: Risultante dei momenti delle forze generate dal muscolo quadricipite (A) ed estensore lungo delle dita (E) in equilibrio con il momento generato dal muscolo bicipite femorale (B), dal gruppo del pes anserinus con la porzione craniale del semimembranoso (C) e del gastrocnemio con il flessore superficiale delle dita (D)

Quando le forze muscolari sono insufficienti a prevenire la traslazione anteriore della tibia, la spinta craniale viene contrastata unicamente dal LCA; quest'ultimo è sottoposto ad un continuo stress, soprattutto in alcuni soggetti particolarmente pesanti rispetto alla propria struttura scheletrica, che presentano scarse masse muscolari o un'eccessiva inclinazione del plateau tibiale; sembra essere questo il motivo per cui si può verificare la rottura del LCA in assenza di trauma diretto<sup>93</sup>.

L'entità della compressione tibiale è variabile perché la quantità delle forze, generate dai muscoli e dall'incremento ponderale, dipende dall'attività del cane; per questo, la spinta tibiale craniale può essere controllata solo modificando l'inclinazione del plateau tibiale<sup>91</sup>.

Questa nuova concezione della biomeccanica del ginocchio ha portato all'evoluzione di nuove tecniche chirurgiche, che si differenziano dalle precedenti in quanto, come fine, si presuppongono di eliminare il cranial tibial thrust modificando la biomeccanica dell'intero arto posteriore<sup>51,97</sup>.

Anche l'**articolazione tibio-tarsica**, pur se con minori conseguenze rispetto all'articolazione dell'anca e del ginocchio, può presentare deviazioni in valgismo od in varismo e difetti rotazionali, essendo anch'essa considerata un ginglimo angolare. Presenta un solo grado di libertà, vale a dire che ruota attorno ad un solo asse.

Particolare importanza è rivestita dall'articolazione tibio-tarsica, caratterizzata da un lato, dalle due docce articolari della coclea tibiale, disposte sagittalmente, e dall'altro, dalle due creste della troclea astragalica, anch'esse disposte sagittalmente e poco rilevate, che prolungandosi in direzione distale, sono espressione della notevole ampiezza di movimento che caratterizza questa articolazione<sup>55</sup>.

L'orientamento delle docce cocleari della tibia e delle labbra trocleari dell'astragalo, devia lateralmente di 25° dal piano sagittale. Questa deviazione è funzionale, in quanto consente all'arto posteriore di passare lateralmente all'arto anteriore omolaterale quando il cane è al galoppo<sup>50</sup>.

Inoltre, in condizioni normali, le ossa della prima fila tarsica presentano una certa mobilità tra loro; il calcaneo, trascinando il cuboide, può determinare la

rotazione della seconda fila sulla testa dell'astragalo, senza l'intervento dello zeogopodio. Gli orientamenti di lateralità sono completati dalle possibilità di scorrimento e di spostamento trasversale delle ossa della fila tarsica distale o dell'interlinea tarso-metatarsale<sup>21</sup>.

Il tarso, quindi, data la sua struttura, è suscettibile di lesioni sia ossee sia legamentose, che possono influenzarne il rapporto con le altre strutture ed alterarne l'orientamento.

## **MECCANISMO ESTENSORE DEL GINOCCHIO**

L'evoluzione di un modello di biomeccanica attiva del ginocchio modifica radicalmente l'approccio a molte patologie ortopediche: infatti, si diffonde il concetto che è possibile ottenere la massima funzionalità di una struttura articolare soltanto quando si ha il completo equilibrio fra stabilizzatori passivi e forze attive, sia interne (forze generate dalla contrazione muscolare), sia esterne (forza peso).

Il modello attivo fornisce quindi la giusta importanza ad una componente dell'apparato scheletrico appendicolare molto spesso trascurata dai chirurghi ortopedici: la componente muscolare, nonché le forze dinamiche che da essa scaturiscono e che agiscono direttamente sulla componente scheletrica.

Se consideriamo che l'angolazione normale del ginocchio di un cane in stazione quadrupedale è 130-140°, deriva che, per sopportare agevolmente il carico in parziale flessione, il meccanismo estensore del ginocchio, costituito principalmente dal muscolo quadricipite, deve essere necessariamente molto sviluppato e funzionale. Se analizziamo inoltre l'azione che il muscolo esercita sulla porzione distale dell'arto, scaturisce che è necessario anche un allineamento anatomico adeguato, ovvero una linea retta di forze, per la stabilità e l'efficacia del meccanismo estensore.

Durante la contrazione, il muscolo quadricipite esercita sulla patella e, di riflesso, sulla tibia, una trazione rivolta prossimalmente, determinando quindi l'estensione della gamba; a tale attività si somma però anche una parziale adduzione, in funzione del fatto che il muscolo retto femorale origina a livello dell'ileo, determinando così uno spostamento mediale della forza risultante che si genera durante la contrazione di tutti i ventri muscolari del quadricipite.

Durante il movimento, la rotula scorre all'interno del solco trocleare. I muscoli vasto laterale e vasto mediale sono fissati alla rotula mediante le fibrocartilagini para-patellari, che si articolano con i labbri trocleari e, aumentando la superficie di contatto, distribuiscono maggiormente la forza esercitata dal muscolo quadricipite. Lo scorrimento della rotula sul femore distale esercita anche una compressione femoro-patellare, che esita nella formazione del solco trocleare. Una volta formatesi, le labbra della troclea mantengono la rotula, che è sottoposta a forze

dirette medialmente e lateralmente, all'interno del solco trocleare. La rotula è ulteriormente stabilizzata dalla capsula articolare, dai legamenti fabello-patellari e dal retinacolo, che ne accompagnano il movimento durante la flessione e l'estensione del ginocchio. Quando il ginocchio è portato da una posizione flessa ad una di completa estensione, la rotula segue un arco medio-laterale; alla fine dell'estensione, la rotula è sospinta contro il labbro trocleare laterale<sup>58</sup>.

Pur essendo una struttura passiva, la rotula svolge un importante ruolo in un sistema dinamico, denominato “meccanismo estensore del ginocchio”. Il movimento della rotula è direttamente influenzato da questo meccanismo la cui conoscenza è indispensabile per il trattamento delle disfunzioni rotulee. La rotula mantiene, infatti, la tensione quando il ginocchio è in estensione e agisce come braccio di appoggio, aumentando così il vantaggio meccanico del gruppo muscolare del quadricipite. La rimozione di questo ossicino provoca una riduzione di tre volte del momento di forza che applica il quadricipite durante l'estensione, con insufficienza relativa del muscolo quadricipite e perdita della stabilità articolare craniale del ginocchio; la mancanza del normale rapporto articolare determina la degenerazione della cartilagine articolare trocleare<sup>6,34,35</sup>. Anche il legamento patellare e la topografia della cresta tibiale contribuiscono alla stabilità anteriore e al meccanismo estensore. La rotula viene dislocata in alto e in basso dall'azione muscolare, che si contrappone alla spinta verso il basso del legamento patellare.

La forza risultante agisce sulla rotula, comprimendola sul solco trocleare e aumentandone quindi la stabilità. Tale forza compressiva sarà maggiore durante la flessione e minore durante l'estensione dell'arto<sup>34,35,62,63</sup>.

Il legamento patellare si continua fino alla cresta tibiale, che si trova in posizione craniale e distale rispetto ai condili tibiali; la localizzazione e la prominente della cresta stessa sono importanti per il vantaggio meccanico del meccanismo estensorio<sup>35</sup>.

In conclusione possiamo affermare che la biomeccanica dell'articolazione femoro-tibio-rotulea è molto complessa, sia per le numerose strutture coinvolte sia per la loro interazione, variabile per ciascun movimento; la stabilità articolare richiede la presenza di un corretto allineamento del meccanismo estensore e di tutte le componenti attive e passive che agiscono sull'intero arto posteriore, per cui

l'alterazione anche di una sola di queste strutture non può che avere risultati significativi sul funzionamento dell'intero apparato.



## **CAPITOLO 3**

# **STUDIO DELLE DEFORMITA'**

# **DELL'ARTO POSTERIORE**

### **3.1 Studio radiografico dell'arto posteriore**

Per una adeguata valutazione della morfologia scheletrica dell'arto posteriore è fondamentale l'esecuzione di uno studio radiografico accurato di femore e tibia, che ci consenta di avere una visione completa dei singoli segmenti ossei.

Il principale problema connesso alle tecniche radiografiche convenzionali è che, a causa della proiezione di complesse strutture tridimensionali su un piano bidimensionale, si assiste inevitabilmente alla sovrapposizione di strutture anatomiche e alla perdita di alcuni punti di riferimento importanti per la determinazione degli assi anatomici dei vari segmenti scheletrici.

Per ovviare a tali problematiche, sono state proposte nel corso degli anni diverse proiezioni radiografiche per lo studio degli arti posteriori, pur permanendo una certa disomogeneità di giudizio; tutti gli autori però concordano sulla assoluta necessità di avere immagini radiografiche di ottima qualità, per esposizione, ma soprattutto per posizionamento. Slocum B. nel 2000, addirittura, parla dell'importanza di avere radiografie "*perfette*" per diagnosticare e localizzare accuratamente la distorsione dell'arto<sup>84</sup>.

Uno scorretto posizionamento degli arti durante l'esecuzione della radiografia provoca artefatti marcati, che possono indurre in gravi errori diagnostici; ad esempio, una ridotta intrarotazione ed estensione delle ginocchia nella proiezione ventro-dorsale della pelvi, si manifesta sull'immagine radiografica bidimensionale come deformità più o meno marcate dell'epifisi distale del femore (Fig.3.1).

E' quindi fondamentale riporre la massima attenzione nel posizionamento del soggetto ed eseguire lo studio di ciascun segmento osseo su almeno due piani

ortogonali, al fine di ottenere una visione “tridimensionale” delle strutture in esame e ridurre al minimo il rischio di errori diagnostici<sup>2,11,43,84</sup>.



Figura 3.1: Proiezione ventro-dorsale della pelvi: posizionamento corretto (a sinistra) ed errato (a destra) del medesimo paziente.

Innanzitutto, lo studio radiografico dell'arto posteriore deve essere eseguito sul soggetto in anestesia generale, per favorire il posizionamento del paziente.

Inoltre, per ottenere un'immagine la più reale possibile, e quindi clinicamente utile, si deve cercare di avvicinare le zone oggetto di studio alla pellicola radiografica; spesso, infatti, per l'esame delle strutture appendicolari si posizionano gli arti direttamente a contatto con la cassetta radiografica.

Altro requisito fondamentale per ottenere immagini radiografiche di buona qualità è che i segmenti scheletrici in esame siano paralleli alla cassetta radiografica, nonché perpendicolari al fascio radiogeno: una differente distanza fra pellicola e strutture analizzate esita in una deformazione dell'immagine, con ingrandimento di ciò che dista maggiormente dalla cassetta.

Lo studio radiografico può essere eseguito sull'arto in toto, al fine di valutare l'orientamento generale; questo, però, può essere associato ad effetti proiettivi marcati, soprattutto alle estremità prossimale e distale. Alcuni autori, invece, prediligono prendere in considerazione il femore e la tibia separatamente: secondo questi ultimi infatti, è essenziale, ai fini di una buona tecnica chirurgica, l'identificazione dell'orientamento della superficie articolare, e non la configurazione complessiva dell'arto. E' però importante effettuare le radiografie cercando di

ottenere un orientamento anatomico quanto più possibile corretto a partire dall'articolazione coxo-femorale, e poi mantenere questa posizione in tutte le proiezioni radiografiche successive delle porzioni distali dell'arto<sup>11</sup>.

## STUDIO RADIOGRAFICO DEL FEMORE

Un'accurata valutazione radiografica del femore e della pelvi richiede la ripresa di immagini in proiezione ventro-dorsale e medio-laterale e con il fascio di raggi perpendicolare all'asse maggiore dell'osso femorale in posizione radiografica standard.

La proiezione più frequentemente utilizzata per ottenere una visione frontale del femore è la *proiezione ventro-dorsale standard della pelvi*, in cui il soggetto è posto in decubito dorsale, con il torace accolto in una culla; la colonna vertebrale deve essere perfettamente dritta ed il piano sagittale mediano perpendicolare al tavolo radiologico. Gli arti vengono estesi caudalmente da un operatore che contemporaneamente intraruota le gambe del soggetto in modo sufficiente ad allineare gli epicondili di ciascun femore con il piano orizzontale. Il fascio radiogeno deve essere centrato fra le articolazioni coxofemorali e l'immagine deve comprendere interamente la pelvi, il femore, l'articolazione del ginocchio e parte dell'epifisi prossimale della tibia (Fig.3.2).

In un soggetto adeguatamente posizionato ed esente da deformità ossee, le due emipelvi devono essere speculari, con ali dell'ileo e fori otturati simmetrici, sia per forma che per dimensioni; i femori devono essere paralleli fra loro e rispetto al rachide, con le diafisi che intersecano le tuberosità ischiatiche, disegnando un'area di uguali dimensioni; sul margine mediale di ciascun femore deve essere visibile una parte del piccolo trocantere. Per quanto riguarda l'epifisi distale, i condili femorali devono essere verticali e simmetrici, i sesamoidi dei gastrocnemi divisi dalle corticali mediale e laterale del femore, e le rotule al centro dei solchi trocleare (Fig.3.3)<sup>43,63,84</sup>.

I parametri sopra elencati sono quelli che vengono utilizzati per indicare il posizionamento ideale dell'anca; tuttavia nella pratica non è sempre facile ottenere una radiografia che li soddisfi tutti appieno. In questi casi, può essere talvolta problematico scindere le differenze causate da un errato posizionamento oppure dalla presenza di reali deformità scheletriche. Ad esempio, il piccolo trocantere può essere più evidente o del tutto nascosto della corticale mediale del femore sia in caso di alterazioni torsionali a carico dell'epifisi prossimale del femore, che per ridotta o eccessiva intrarotazione degli arti da parte dell'operatore; la rotula può trovarsi

all'esterno del solco trocleare per un errato posizionamento dell'arto oppure in corso di lussazione patellare; i condili e le fabelle possono apparire asimmetrici per artefatti di posizionamento, così come in presenza di torsione del femore distale.

Alcuni autori risaltano l'importanza della valutazione della forma e delle dimensioni di testa e collo femorali, del grande trocantere, del piccolo trocantere, del foro nutritivo e dei condili, nonché del rapporto fra tutte queste strutture; essi pongono assolutamente in secondo piano parametri quali la posizione della rotula o delle fabelle, che sono maggiormente influenzate da patologie spesso associate a difetti di allineamento<sup>67,94</sup>. In ogni caso, è fondamentale un'ampia esperienza ed un'ottima conoscenza della morfologia femorale nelle diverse razze.



Figura 3.2 (sopra): Corretto posizionamento per l'esecuzione di una radiografia in proiezione ventro-dorsale standard della pelvi.



Figura 3.3 (a destra): Proiezione VD standard

In alcuni soggetti particolarmente muscolosi o con riduzione del “range of motion” coxo-femorale in estensione a causa di patologie articolari, può essere difficoltoso garantire una buona perpendicolarità fra fascio radiogeno ed asse lungo del femore. Per ovviare a tale problema, è stato proposto di sollevare il paziente con rachide in posizione verticale rispetto al tavolo radiogeno, mantenendo gli arti posteriori estesi cranialmente, intraruotati e perfettamente dritti, in modo che le

rotule siano accolte nel centro del solco trocleare e le fabelle tagliate a metà dalle corticali femorali; si otterrebbe così un migliore parallelismo del femore con la cassetta radiografica e, quindi, una rappresentazione più realistica del femore<sup>43,63,84</sup>. Recentemente, alcuni autori hanno definito tale posizionamento come *proiezione "a cane seduto"*<sup>48</sup>.

Uno studio completo del femore prevede necessariamente l'esecuzione di una *proiezione medio-laterale*. Questa può includere soltanto il femore o essere estesa anche alla tibia, nonostante in soggetti di grossa mole sia difficile garantire una buona esposizione dell'intero arto a causa del diverso spessore delle masse muscolari; in questi casi occorre utilizzare un accorgimento particolare, cioè frapporre tra la tibia e la cassetta uno schermo di alluminio, in modo da smorzare i raggi che altrimenti risulterebbero troppo intensi per questa zona, causando un'immagine sovresposta (Fig.3.4).

L'animale è posto in decubito laterale con l'arto da studiare adiacente al piano; l'arto controlaterale viene iperesteso cranialmente; la cassetta viene posta direttamente fra il tavolo dell'apparecchio radiologico ed il paziente. Grande trocantere, testa della fibula e malleolo laterale devono poggiare sul medesimo piano, così da garantire la rappresentazione radiografica di tutte queste parti, il più realisticamente possibile<sup>84</sup>.

In un soggetto adeguatamente posizionato e scevro da deformità scheletriche sarà possibile visualizzare i contorni dei condili femorali perfettamente sovrapposti e la proiezione della cresta intertrocanterica in corrispondenza del centro della testa femorale (Fig.3.5).

La proiezione medio-laterale del femore deve essere valutata in relazione alla sua immagine frontale e si rivela spesso di notevole ausilio per confermare o meno la presenza di deformità torsionali o angolari a carico dell'epifisi distale del femore. Ad esempio, una immagine radiografica che mostra un condilo femorale in posizione più craniale dell'altro può suggerire un errore nel posizionamento del paziente, così come una deviazione in varo o valgo del femore<sup>84,94</sup>.



Figura 3.4 (sopra): Corretto posizionamento per l'esecuzione di una radiografia in proiezione medio-laterale.



Figura 3.5 (a destra): Proiezione medio laterale dell'arto.

La valutazione radiografica del femore può essere completata con l'esecuzione della *proiezione assiale* per il calcolo dell'angolo di anteversione femorale. Il soggetto è posto in decubito dorsale con cassetta radiografica posizionata sotto l'articolazione dell'anca; l'arto in esame viene flesso in modo che il fascio radiogeno sia perfettamente diretto nel centro della diafisi femorale e l'asse lungo del segmento osseo risulti perpendicolare al fascio stesso.

Tale proiezione radiografica è spesso difficoltosa da ottenere a meno che non si disponga di apparecchiature quali intensificatore di brillanza, tomografia computerizzata o risonanza magnetica; infatti, è molto sensibile ad artefatti di posizionamento e anche piccole variazioni di 2-3 gradi nell'orientamento dell'arto rispetto al fascio radiogeno, generano valori finali molto diversi<sup>43</sup>.

Se la radiografia è eseguita correttamente, devono risultare ben visibili sia collo e testa femorali, che il margine caudale dei condili femorali; la diafisi femorale deve apparire come un anello netto con la parte centrale, corrispondente al canale midollare, radiotrasparente.

## STUDIO RADIOGRAFICO DELLA TIBIA

Lo studio radiografico della tibia prevede due proiezioni ortogonali, postero-anteriore e medio-laterale, in grado di fornire una visione frontale e sagittale più realistica possibile.

La *proiezione postero-anteriore* si effettua con l'animale in decubito ventrale, alloggiato in una culla o mantenuto con cuscini in modo che il suo piano sagittale risulti il più possibile perpendicolare al terreno; l'arto posteriore da studiare viene iperesteso caudalmente e appoggiato sulla cassetta radiografica, alla quale deve stare il più aderente possibile; anche il tarso risulta necessariamente in massima estensione.

Questa proiezione è quella più utilizzata per lo studio della tibia, in particolare per l'individuazione di deformità torsionali, e deve includere tutta l'articolazione del ginocchio, la tibia ed il garretto; talvolta può essere estesa anche al femore, così da ottenere un'immagine completa dell'arto pelvico. In quest'ultimo caso, considerando che la radiografia deve includere anca, femore, ginocchio, tibia e garretto, è necessario nei soggetti di grossa taglia utilizzare una pellicola di grandi dimensioni ed eventualmente posizionare la cassetta radiografica lungo la diagonale, in modo da sfruttarne la sua massima lunghezza (Fig.3.6)<sup>20</sup>.

Il corretto posizionamento è garantito dall'iperestensione del ginocchio, che impedisce qualsiasi rotazione a livello di questa articolazione; se non sono presenti deformità dell'arto, il radiogramma mostrerà la rotula alloggiata fra le labbra trocleari, ed il margine mediale del calcaneo sovrapposto al punto di maggiore profondità del solco astragalico; nel caso di torsioni interna o esterna della tibia, tale margine sarà spostato in senso rispettivamente laterale o mediale<sup>84</sup>.

Recenti studi hanno messo in evidenza l'inadeguatezza del metodo radiografico standard nella valutazione della torsione tibiale; infatti, un malposizionamento dell'arto con lieve intrarotazione del ginocchio può far evidenziare deformità torsionali inesistenti. Questo probabilmente perché la corretta posizione della tibia prossimale nel radiogramma viene valutata sulla base di punti di riferimento femorali, come la rotula e le fabelle; non è però detto che un corretto posizionamento caudo-craniale del femore garantisca necessariamente un adeguato



posizionamento caudo-craniale della tibia. Per ovviare a tale problema, gli autori promuovono l'utilizzo della TC che si è rivelata una metodica molto meno influenzabile da artefatti di posizionamento<sup>2</sup>.

La *proiezione medio-laterale* della tibia, così come descritta precedentemente a proposito dello studio della morfologia femorale, fornisce informazioni essenziali



Figura 3.6: Proiezione postero-anteriore dell'arto.

per la valutazione dello stato articolare e della morfologia tibiale, in particolare riguardo alla torsione ed all'inclinazione del piatto tibiale. Per la determinazione dell'angolo di inclinazione del plateau tibiale è essenziale ottenere una visione laterale del ginocchio in cui i condili femorali e tibiali siano perfettamente sovrapposti: errati posizionamenti potrebbero far sovra- o sotto-stimare la reale l'inclinazione<sup>2,71</sup>.

Uno studio radiografico di buona qualità fornisce già notevoli informazioni sulla presenza o meno di deformità scheletriche a carico di femore e tibia, soprattutto sul piano frontale e sagittale. Nonostante ciò, le difficoltà riscontrate spesso nell'esecuzione di radiografie di buona qualità, o meglio ancora, “perfette” (tempi di esposizione e posizionamento dell'animale), fa sì che metodiche avanzate come TC o RMN restino comunque il “gold standard” per garantire la migliore valutazione ed interpretazione della morfologia scheletrica di femore e tibia, e questo vale in particolare per quanto riguarda le deformità torsionali e rotazionali<sup>2,32</sup>.

## 3.2 Interpretazione radiografica delle deformità scheletriche dell'arto posteriore

Le deformità scheletriche che possono colpire un arto o un segmento osseo sono diverse e vengono generalmente distinte sulla base del piano dello spazio sul quale si manifestano.

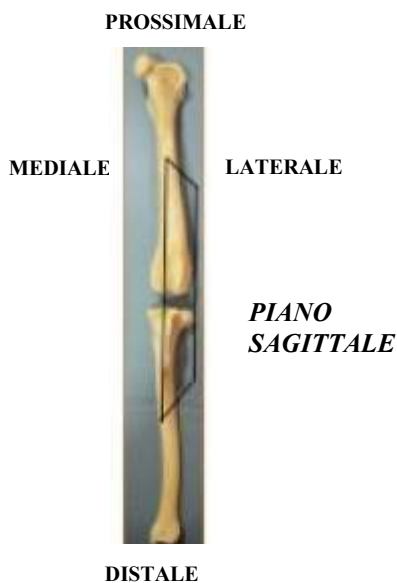


Figura 3.7: Piano sagittale dell'arto posteriore

Le alterazioni ossee più comunemente riscontrate in ortopedia veterinaria sono le deviazioni sul *piano sagittale* (Fig.3.7), caratterizzate dalla perdita del parallelismo fra gli assi della porzione prossimale e distale presa in considerazione. Generalmente si parla di *varismo* quando il distretto distale presenta una anomala angolazione verso l'interno, e di *valgismo* quando la deviazione è verso l'esterno. Questa terminologia si applica sia nel caso in cui la deviazione interessi un singolo segmento scheletrico ed allora sarà seguita dal nome dell'osso coinvolto; sia quando vengano coinvolti due segmenti adiacenti, ed in questo caso la struttura di riferimento sarà l'articolazione frapposta ad essi. Si parlerà quindi di varismo/valgismo femorale o tibiale quando

saranno interessati da deformità i singoli segmenti ossei. I termini “genu varum” e “genu valgum”, spesso citati quando si affrontano problematiche riguardanti l'arto pelvico, descrivono condizioni patologiche caratterizzate da deviazioni angolari del tratto distale dell'intero arto in direzione mediale o laterale rispettivamente. Il “genu varum” può essere, a sua volta, causato da un femore valgo con tibia normale, oppure da un femore normale in presenza di una tibia vara. Allo stesso modo, il “genu valgum” può essere associato ad un femore valgo con tibia normale, o ad un femore normale con un varismo tibiale.<sup>77</sup>

Le deviazioni sul *piano coronale o frontale* sono più frequenti a carico dell'arto anteriore, soprattutto di radio ed ulna, ma possono comunque manifestarsi a livello di qualsiasi segmento osseo (Fig.3.8). Si parla di *procurvatura o anterocurvatura* quando l'osso presenta una curvatura patologica a convessità craniale e porzione distale deviata caudalmente, mentre la condizione opposta è definita *recurvatura* (osso con curvatura a convessità caudale e parte distale deviata cranialmente).

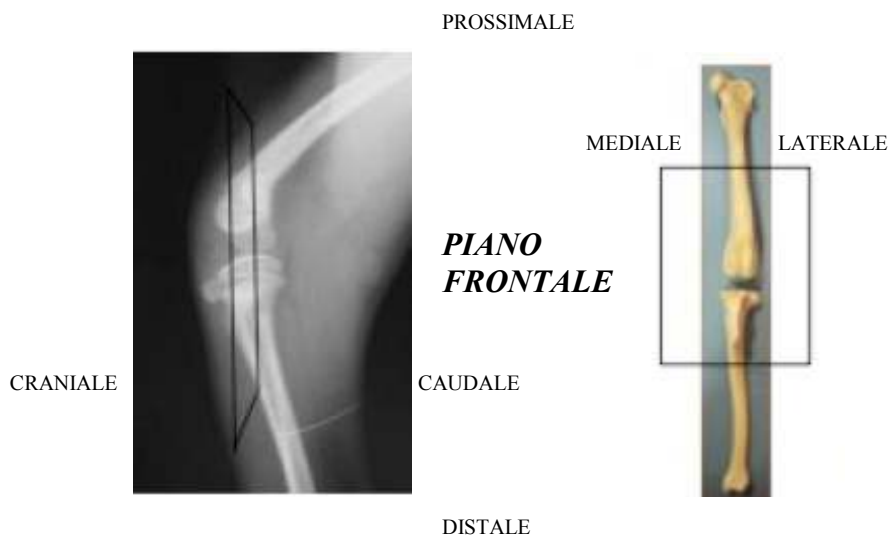


Figura 3.8: Piano frontale o coronale dell'arto posteriore

Sul *piano assiale o trasverso* si fa generalmente una distinzione in base alla sede della deformità. Nel caso in cui la deviazione sia nell'ambito di un segmento, si parla di *torsione*, e questa può essere interna o esterna a seconda della direzione assunta dalla porzione distale del segmento stesso. Invece, quando l'alterazione torsionale interessa due segmenti separati ed è interposta, quindi, da un'articolazione, viene definita *rotazione*; anch'essa può essere interna o esterna in base alla deviazione assiale mediale o laterale del segmento osseo più distale (Fig.3.9).

Si distingue dalle deviazioni suddette la *traslazione*, deviazione generalmente secondaria a fratture malconsolidate, caratterizzata da una dislocazione del segmento

distale dell'osso con mantenimento però del parallelismo delle superfici articolari.<sup>25,95</sup>

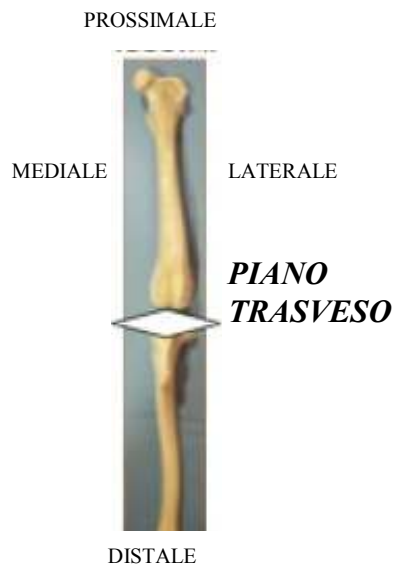


Figura 3.9: Piano trasverso o assiale dell'arto posteriore

## VALUTAZIONE RADIOGRAFICA DEL FEMORE

### *Epifisi prossimale del femore*

Una valutazione attenta dell'allineamento dell'arto posteriore non può prescindere da una accurata analisi della morfologia scheletrica di femore e tibia, dei rapporti fra di essi, nonché dell'allineamento desmo-muscolo-tendineo di tutto l'arto.

Per quanto riguarda l'analisi scheletrica di femore e tibia, come già precisato nel capitolo precedente, è essenziale il materiale radiografico in nostro possesso: lo studio deve essere completo e fornire una visione frontale e sagittale dei segmenti ossei più realistiche possibili, e le proiezioni radiografiche devono essere "perfette", sia per esposizione, che per posizionamento.

Se su questi concetti tutti gli autori concordano, maggiori discrepanze emergono sui metodi di valutazione dell'allineamento scheletrico, in particolare del femore.

La peculiare morfologia e la posizione nello spazio di tale segmento osseo rende difficoltosa un buona proiezione dello stesso su immagini radiografiche bidimensionali. Innanzitutto, manca un vero piano articolare prossimale, e collo e testa femorali giacciono su un piano sagittale diverso da quello della diafisi; inoltre, l'osso presenta una torsione fisiologica, di difficile definizione con semplici immagini radiografiche.<sup>95</sup> L'altro grande problema connesso allo studio del femore è la mancanza di chiari punti di repere prossimali per il controllo del posizionamento dell'animale: fatta eccezione per il piccolo trocantere, tutti i riferimenti riportati in letteratura sono a carico del distretto distale del femore.<sup>43,63,84</sup> Visto che l'epifisi distale è il comparto più frequentemente affetto da patologie scheletriche, capita spesso che vengano meno i repere utilizzati normalmente per valutare il corretto posizionamento dell'animale. Per questo motivo, alcuni autori esaltano l'importanza della valutazione della forma e delle dimensioni di testa e collo femorali, del grande trocantere, del piccolo trocantere e del foro nutritizio, nonché del rapporto fra tutte queste strutture; essi pongono assolutamente in secondo piano parametri quali la posizione della rotula o delle fabelle, che sono maggiormente influenzate da patologie associate a difetti di allineamento.<sup>67,94</sup> E' comunque una valutazione molto soggettiva, in quanto non sono presenti criteri chiari, e solo l'ampia esperienza e

conoscenza della morfologia femorale dell'operatore può ridurre al minimo i potenziali errori di interpretazione.

Tali difficoltà si traducono in una notevole disomogeneità di metodiche e criteri interpretativi per la valutazione della morfologia femorale; nel corso degli anni sono stati proposti diversi parametri e procedure di misurazione per l'individuazione di deformità scheletriche, più volte ripresi e abbandonati dai vari autori. Attualmente, la letteratura offre protocolli incompleti, che suggeriscono criteri interpretativi e range di riferimento talvolta molto differenti fra loro.

Tutte le metodiche proposte dai vari autori si basano sull'individuazione di diversi assi, da mettere poi in relazione fra loro mediante angoli, che dovrebbero rappresentare i criteri cardine per giudicare il corretto allineamento di ogni singolo segmento scheletrico.

Tali assi non sono altro che le rette che rappresentano la direzione lungo la quale agiscono i vettori delle forze applicate allo scheletro, sia durante la stazione che durante il movimento; ovviamente queste forze non sono tutte allineate e sovrapponibili, ma le loro risultanti tendono ad essere, sullo stesso segmento osseo, indirizzate su un limitato numero di direttrici.

Per quanto riguarda il *femore*, i principali assi riportati in letteratura sono:

- Asse meccanico o funzionale
- Asse anatomico o diafisario
- Asse cefalico
- Asse cervicale
- Asse epicondiloideo
- Asse intercondiloideo o bicondiloideo.

L'*asse meccanico o funzionale*, è l'asse lungo il quale agiscono le risultanti di tutte le forze applicate al femore; esso può essere rappresentato da una retta congiungente il centro delle articolazioni prossimale e distale della coscia. Tutti gli autori concordano sul fatto che venga adeguatamente descritto dalla retta che congiunge il centro dell'articolazione coxo-femorale la quale, essendo un'enartrosi, coincide con il centro della testa femorale, ed il centro dell'articolazione del

ginocchio (ottenibile inscrivendo tale articolazione in un cerchio e individuandone il centro) (Fig. 3.10).<sup>95</sup>

Questo asse è ampiamente utilizzato in medicina umana dato che, in assenza di deformità, si continua distalmente nell'asse diafisario tibiale. In genere si parla, infatti, di “asse meccanico dell'arto inferiore”, che viene descritto dalla retta congiungente il centro della testa femorale col centro dell'articolazione tibio-tarsica; tale retta attraversa il centro dell'articolazione del ginocchio ed è perpendicolare alla superficie articolare. Nell'uomo, l'asse meccanico forma, con l'asse anatomico femorale, l'angolo femoro-tibiale, che ha un valore costante compreso fra i 5° e i 7°, e non è influenzato dalla posizione dell'arto nello spazio. Tale angolo dipende esclusivamente dalla geometria femorale, in particolare dalla lunghezza della diafisi, e dalla lunghezza, inclinazione e versione del collo del femore. In caso di varismo del ginocchio, l'angolo femoro-tibiale si riduce e l'asse meccanico passa medialmente all'articolazione del ginocchio; la condizione opposta si presenta in caso di ginocchio valgo.<sup>17,28,46,60</sup>

In medicina veterinaria, l'importanza dell'asse meccanico, e soprattutto del suo rapporto con l'asse anatomico, non è stato ancora definito.

Massima attenzione viene riposta in veterinaria, così come in umana, all'*asse anatomico o diafisario*, che corrisponde, secondo una definizione prettamente teorico-matematica, al luogo dei punti equidistanti da ciascuna corticale della diafisi femorale. Nella pratica, la sua individuazione suscita molte perplessità, in quanto, per la particolare morfologia del femore, la definizione non può essere soddisfatta da una retta, bensì da una linea tendente ad un tragitto arcuato. Sono quindi stati proposti diversi metodi per tracciare assi il più vicino possibile alla teoria, ma dotati di semplicità di esecuzione e utilità pratica.

Rumph P.F. e Hathcock J.T. propongono nel 1990 il *metodo Symax* (contrazione di *Symmetric Axis*) che si basa su un metodo usato in geometria biologica per l'analisi di forme amorfe complesse: attraverso la costruzione di un numero non precisato di cerchi all'interno della struttura, in modo che ogni cerchio sia contenuto all'interno del materiale da analizzare e tocchi i limiti in più di due punti, sarebbe possibile ridurre una forma complessa a semplici linee che ne

definiscono la sagoma. Gli autori hanno proposto, in un primo momento, di tracciare un numero imprecisato di cerchi all'interno dei limiti dell'osso, tangenti alle corticali; l'unione dei centri di tali cerchi rappresenterebbe la linea cercata. L'applicazione di questo metodo presentava gli stessi svantaggi della definizione prima enunciata: impraticabilità e risultato non adeguato. Quindi i due autori hanno provveduto ad una modifica agevolante, basata sull'utilizzo di soli due cerchi, inscritti all'interno delle due epifisi femorali, tangenti alle corticali di queste in almeno tre punti; l'asse anatomico corrisponde alla retta che congiunge il centro dei due cerchi (Fig.3.11).<sup>79</sup>

In *medicina umana*, per la determinazione dell'asse anatomico femorale, si traccia un segmento, perpendicolare all'asse lungo femorale e passante nel punto più distale del piccolo trocantere, che congiunge la corticale laterale e quella mediale; l'asse desiderato è rappresentato dalla retta che unisce il centro di tale segmento con il centro dell'articolazione del ginocchio (Fig. 3.12).<sup>44</sup>

Nel 1985, *Montavon* P.M. propone una ulteriore metodica, che prevede di tracciare un segmento, perpendicolare all'asse lungo femorale, nel punto di maggiore restringimento della diafisi; quindi, si tracciano altri due segmenti prossimalmente e distalmente, paralleli al primo, a distanza di 20 mm da esso, al fine di compensare, almeno in parte, la fisiologica curvatura della diafisi femorale. L'unione del punto centrale dei tre segmenti delinea l'asse anatomico del femore (Fig. 3.13).<sup>53</sup>





Figura 3.10: Asse meccanico o funzionale del femore

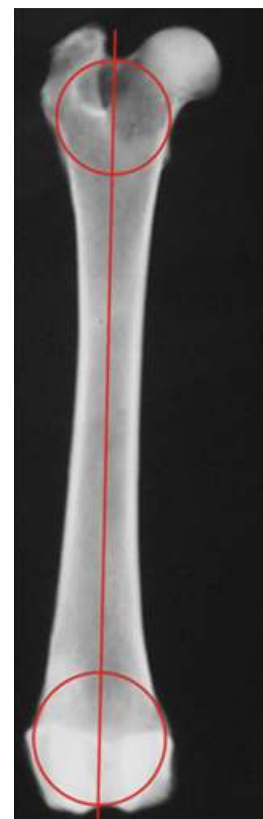


Figura 3.11: Asse anatomico del femore tracciato con il metodo Symax

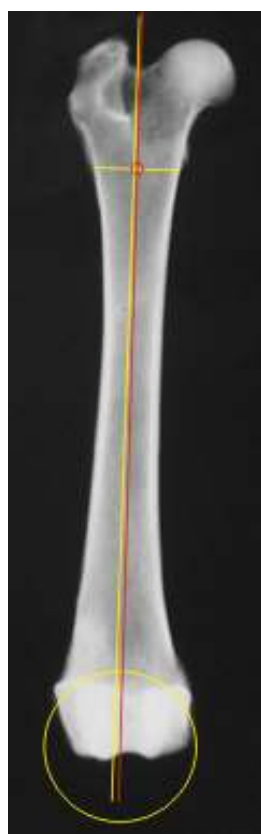


Figura 3.12: Asse anatomico del femore tracciato con il metodo della Medicina Umana

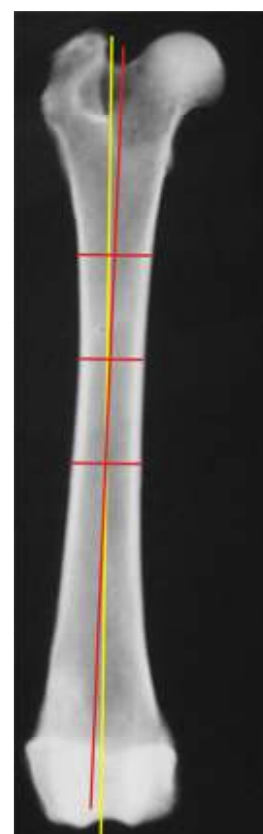


Figura 3.13: Asse anatomico del femore tracciato con il metodo di Montavon

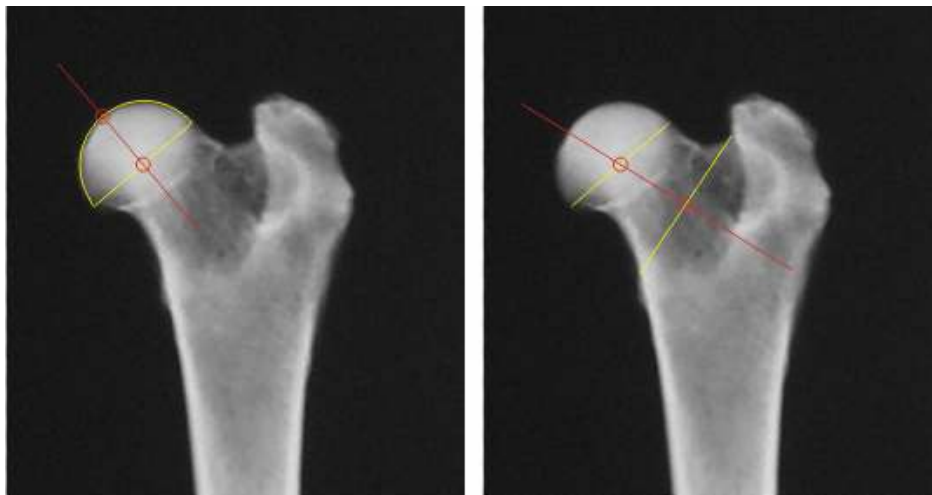
A livello dell'epifisi prossimale vengono generalmente descritti altri due assi, che delineano in parte la posizione nello spazio di collo e testa femorali.

Il primo è l'*asse cefalico*, che descrive la direzione della testa femorale, ed è rappresentato dalla retta che congiunge il centro geometrico dell'arco epifisario con il punto intermedio della corda che lo sottende (Fig. 3.14).

L'*asse cervicale*, invece, delinea la direzione del collo femorale; corrisponde alla retta che divide il collo in due parti uguali e viene identificato unendo i punti intermedi di due segmenti trasversali congiungenti punti equidistanti dei margini superiore ed inferiore del collo (Fig. 3.14).

Nell'uomo, l'asse cefalico e l'asse cervicale sono inscritti in un'unica retta chiamata asse cervico-cefalico. In caso di deformità, è possibile avere un mutamento nei rapporti fra i due assi con formazione di un'angolatura fra testa e collo; in questo caso, si parla di varismo o valgismo cervico-cefalico o parziale.<sup>17</sup> In veterinaria, non è ancora chiaro il rapporto fra asse cefalico ed asse cervicale.

Figura 3.14: Asse cefalico (a sinistra) e cervicale (a destra)



L'importanza dell'asse cervicale in veterinaria è soprattutto connessa al ruolo rivestito dal cosiddetto *angolo di inclinazione o cervico-diafisario* nell'eziopatogenesi di patologie di notevole interesse clinico, come la displasia d'anca o la lussazione rotulea nel cane. L'angolo di inclinazione corrisponde all'angolo formato dall'asse cervicale con l'asse diafisario in una proiezione frontale del femore.

Se teoricamente la definizione di asse cervicale, precedentemente citata, può apparire chiara e semplice, nella pratica in realtà la sua individuazione suscita molti problemi, a causa della difficoltà di distinguere i limiti superiore, e soprattutto inferiore, del collo femorale. Alcuni autori si limitano a definire l'asse del collo come la linea che lo divide in due parti uguali; altri si propongono, invece, di stabilire dei criteri precisi per la sua individuazione.

Rumph P.F. e Hathcock J.T. hanno applicato anche in questo caso il *metodo Symax* usato per l'asse anatomico: l'asse cervicale corrisponderebbe alla retta congiungente i centri dei cerchi inscritti nella testa femorale e nell'epifisi prossimale del femore. L'individuazione dell'asse anatomico necessario per il calcolo dell'angolo di inclinazione prevede l'impiego della medesima metodica (Fig. 3.15).<sup>79</sup>

Hauptman J. nel 1979 ha pubblicato un lavoro sul confronto fra due metodiche per il calcolo dell'angolo di inclinazione, da lui stesso proposte. Il *primo metodo di Hauptman* delinea l'asse cervicale congiungendo il centro della testa femorale con il punto intermedio del segmento perpendicolare all'asse diafisario, che dall'estremità distale della fossa intertrocanterica si porta alla corticale mediale del femore (Fig. 3.17). Il *secondo metodo di Hauptman* prende sempre come riferimento superiore il centro della testa femorale, mentre differisce dal precedente per la descrizione del limite inferiore del collo femorale: in questo caso, l'asse cervicale sarebbe rappresentato dalla linea che congiunge il centro della testa al punto intermedio di un segmento passante per il punto di maggiore restringimento del collo (Fig. 3.17). In nessuno dei due casi, l'autore precisa i repere per l'individuazione dell'asse anatomico per il calcolo dell'angolo di inclinazione, ma parla soltanto di "shaft of the femur".<sup>31,94</sup>

Palierne S. et al., in uno studio approfondito sulla morfologia femorale del 2006, riprende i criteri dettati da Montavon P.M. molti anni prima per il calcolo dell'angolo di inclinazione. L'asse cervicale corrisponde alla linea che congiunge il centro della testa del femore con il punto intermedio della base del collo; quest'ultima è identificata dal punto più distale della fossa intertrocanterica e dalla sua proiezione sulla corticale mediale, mediante l'impiego di un compasso posizionato nel centro della testa femorale.<sup>61</sup> Più precisamente il *metodo di Montavon* prevede di determinare la distanza fra il centro della testa del femore e l'intersezione fra cresta e fossa trocanterica; dopodichè si riporta con un compasso questa distanza sulla corticale mediale del femore; con lo strumento puntato prima sull'intersezione fra cresta e fossa trocanterica, e poi sul punto precedentemente individuato sulla corticale mediale del femore, si tracciano due archi. L'asse cervicale corrisponde alla retta passante fra l'intersezione fra questi ultimi due archi e il centro della testa del femore (Fig. 3.16). Per il calcolo dell'angolo di inclinazione, l'autore indica il metodo dei tre segmenti paralleli tracciati a livello del maggior restringimento della diafisi femorale per l'individuazione dell'asse anatomico.<sup>53</sup>



Figura 3.15: Asse cervicale tracciato con il metodo Symax



Figura 3.16: Asse cervicale tracciato con il metodo di Montavon (i numeri indicano la successione dei passaggi del procedimento di misurazione)

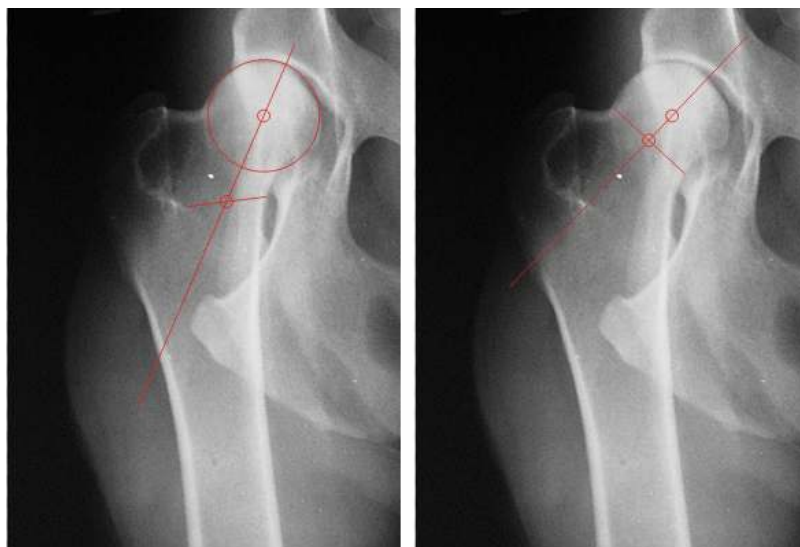


Figura 3.17: Asse cervicale tracciato mediante il primo (a sinistra) ed il secondo (a destra) metodo di Hauptman

La notevole variabilità di metodiche proposte si riflette nella diversità di range fisiologici di riferimento che è possibile incontrare in letteratura.

Nel bambino appena nato, tale angolo è ampio ( $170^\circ$ ) ma, col tempo, per effetto del carico e dei fattori che regolano lo sviluppo, diminuisce progressivamente sino a raggiungere nell'adulto  $125-130^\circ$  gradi.<sup>17</sup>

Per quanto riguarda il cane, si osserva costantemente un angolo leggermente maggiore rispetto all'uomo<sup>31</sup>, ma i parametri fisiologici della specie canina restano ancora controversi. Alcuni autori indicano angoli di inclinazione di circa  $130^\circ$ <sup>31,35</sup>, mentre in altri casi si considerano normali valori fra  $130^\circ$  e  $140^\circ$ <sup>95</sup>. Molti autori addirittura propongono angoli di inclinazione fisiologici fra  $140^\circ$  e  $150^\circ$ <sup>31,53,54,75,81</sup>.

Variazioni del valore dell'angolo di inclinazione, nel senso di un aumento o di una diminuzione del suo valore fisiologico, sono indice rispettivamente di valgismo o varismo cervico-diafisario.

L'orientamento nello spazio del collo femorale e il suo rapporto con la diafisi sono definiti, oltre che dall'angolo di inclinazione sopra descritto, anche dal

cosiddetto *angolo di versione o torsione femorale*: esso corrisponde all'angolo compreso fra il piano contenente l'asse diafisario e parallelo all'asse transcondilare, ed il piano che accoglie l'asse diafisario e l'asse cervicale<sup>7,53,75</sup>.

Questo parametro acquista notevole importanza se consideriamo che il collo non giace sul medesimo piano sagittale della diafisi femorale, ma è spostato cranialmente e medialmente rispetto ad esso (Fig. 3.18 e 3.19); una proiezione bidimensionale frontale del femore non può dunque essere in grado di definire la struttura nella sua complessa tridimensionalità, e non fornisce informazioni sulla reale inclinazione del collo rispetto alla diafisi in senso cranio-caudale.

Secondo alcuni autori, l'angolo di versione non può essere scisso dal concetto di torsione femorale, ma è proprio espressione della torsione della parte prossimale del femore rispetto a quella distale; altri, invece, considerano come reale anteversione la sola dislocazione del collo rispetto alla diafisi femorale<sup>7</sup>.

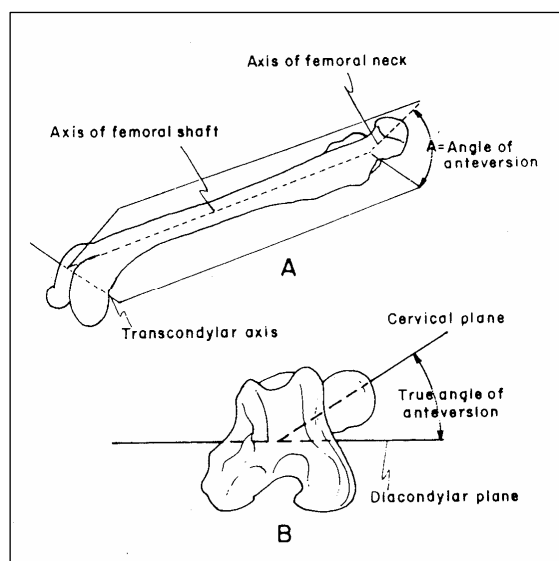


Figura 3.18: Rappresentazione tridimensionale dell'angolo di anteversione  
A – veduta longitudinale del femore;  
B – veduta trasversale del femore.

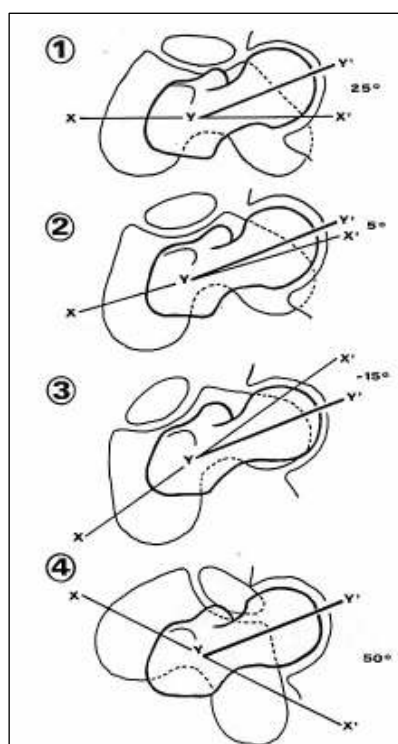


Figura 3.19: Torsione femorale (nell'uomo). Y-Y' – Asse cervicale; X-X' – asse bicondiloideo.

1 – Torsione fisiologica nell'uomo; 2 – Diminuzione dell'angolo di anteverzione con extrarotazione del femore distale; 3 – Inversione dell'angolo di anteverzione con eccessiva extrarotazione del femore; 4 – Aumento dell'angolo di anteverzione con intrarotazione del femore

Il calcolo dell'angolo di versione può essere effettuato secondo il *metodo diretto*, utilizzando una proiezione radiografica longitudinale o assiale del femore. Sull'immagine radiografica si individua l'asse cervicale, passante per il centro della testa femorale; tale linea può o meno attraversare il centro del canale midollare, a seconda del grado di curvatura dorsale del femore. La misura desiderata è l'angolo fra tale retta e la linea tangente al margine caudale dei condili femorali (Fig. 3.20). Il principale problema connesso a tale procedura è la difficile realizzazione della proiezione radiografica in mancanza di apparecchiature di diagnostica avanzata<sup>57</sup>.

Per ovviare alle problematiche suddette, è stato proposto da Bardet J.F. nel 1983, e successivamente ripreso da Montavon P.M., un sistema alternativo basato su calcoli trigonometrici e che, secondo gli studi, fornisce risultati attendibili e con differenze statisticamente non significative rispetto al metodo fluoroscopico diretto. Il *metodo indiretto o biplanare di Montavon* si basa su due proiezioni radiografiche ortogonali del femore, una cranio-caudale ed una medio-laterale. Si procede con l'individuazione sui radiogrammi dell'asse anatomico femorale, secondo il metodo indicato da Montavon P.M., e del centro della testa femorale; dopodiché si

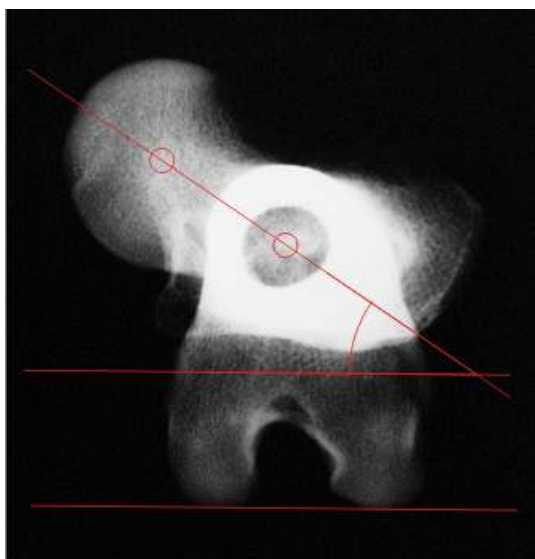


Figura 3.20: Angolo di versione calcolato su proiezione radiografica assiale (metodo diretto).

misura la distanza geometrica fra tali punti. In una costruzione geometrica tridimensionale, queste due distanze sono riferibili ai cateti di un triangolo rettangolo, in cui l'ipotenusa è l'asse del collo femorale; l'angolo fra ipotenusa e cateto equivalente alla distanza misurata sulla proiezione frontale è l'angolo di anteroversione. Per il calcolo di tale angolo, quindi, è sufficiente rifarsi alla trigonometria, calcolando il rapporto fra il cateto opposto all'angolo di anteroversione (cioè la distanza sulla proiezione medio-laterale) e quello adiacente (la distanza sulla proiezione cranio-caudale); tale rapporto risulta equivalente alla tangente dell'angolo in questione, quindi, tramite funzione inversa, si ricava la misura precisa dell'angolo di versione (Fig. 3.21)<sup>7,53,61,94</sup>.

Diversi studi indicano il metodo biplanare come il migliore per precisione, riproducibilità e dosi di radiazioni. I riferimenti radiografici utilizzati in queste metodiche possono essere considerati validi e chiari in tutte le situazioni, con eccezione per i soggetti che presentano un avanzato rimodellamento della testa del femore, responsabile di uno spostamento del centro della testa femorale, o un rimodellamento delle corticali diafisarie, che rende difficile la determinazione dell'asse anatomico del femore<sup>53,80</sup>.

Generalmente, si parla di *anteroversione* quando testa e collo sono orientati cranialmente rispetto al piano transcondilare, mentre nella situazione opposta si parla di *retrovversione*; un angolo di versione di 0° corrisponde alla *normoversione*.



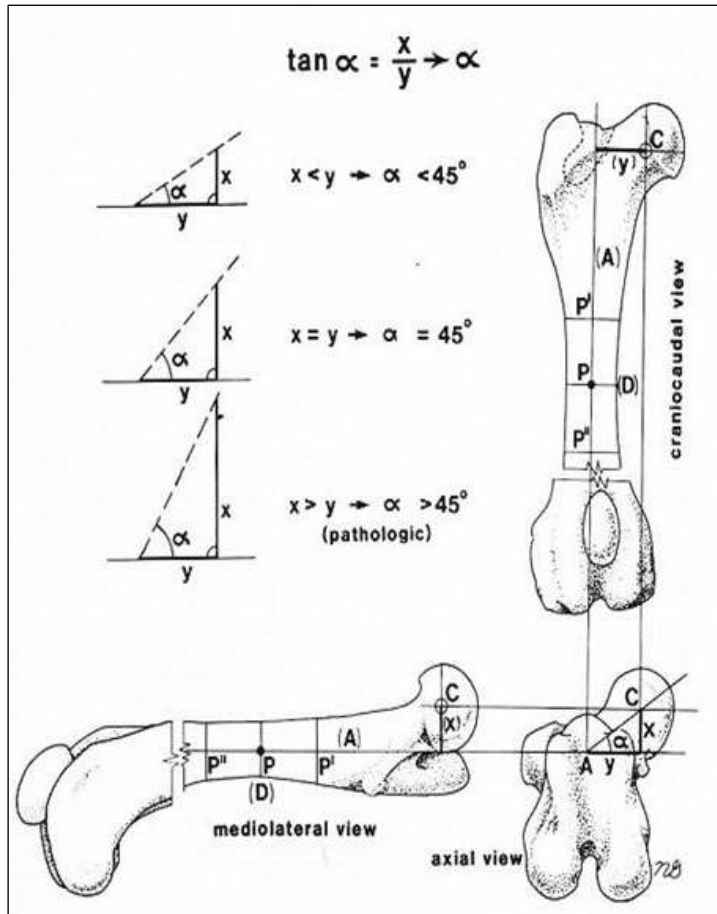


Figura 3.21: Sistema biplanare trigonometrico di Montavon.: Geometrica e trigonometrica relazione fra angolo di versione  $\alpha$ , e le distanze fra il centro della testa e l'asse diafisario femorale nelle proiezioni medio-laterale e cranio-caudale (rispettivamente, come X e Y). [46]

Nell'uomo, si ha un'anteversione fisiologica di 50-60° alla nascita, che però tende a diminuire progressivamente fino a valori tra i 10° e i 30° nell'adulto (Fig. 3.19)<sup>17</sup>.

L'angolo normale di versione nei cuccioli è vicino a 0°, ma aumenta progressivamente fino ad una anteversione fisiologica di circa 27° negli adulti<sup>35,41,57</sup>; il range di riferimento riportato in letteratura è piuttosto ampio, e comprende fra i 12° ed i 40°, con una media di 26,97°<sup>43,54,57,75,81</sup>. Anche se non sono stati ancora stabiliti limiti normali e patologici precisi, valori di anteversione superiori ai 45° sono sempre associati a modificazioni osteoartritiche dell'anca<sup>53</sup>.

La presenza di anteversione di collo e testa femorali altera i calcoli riguardanti l'angolo di inclinazione, che risulta sempre maggiore rispetto a quello reale, a causa della distorsione radiografica (Fig. 3.22). La variazione dell'angolo d'anteversione è maggiore rispetto a quella dell'angolo d'inclinazione ed un

aumento del valore misurato dell'angolo cervico-diafisario non sempre corrisponde ad un aumento dell'angolo d'inclinazione reale; è dunque impossibile stabilire con precisione l'inclinazione del collo femorale su immagini radiografiche senza conoscere il valore dell'angolo di anteversione<sup>53</sup>.

Quando si sospetta un aumento dell'angolo di anteversione, ad esempio quando è possibile osservare l'intero profilo del piccolo trocantere, l'angolo reale di inclinazione del collo femorale si ottiene sottraendo dai 5 agli 8 gradi rispetto all'angolo di inclinazione proiettato sulla radiografia<sup>85</sup>. Per una misurazione più accurata, Montavon P.M. propone un grafico che mostra la relazione trigonometrica esistente fra gli angoli di inclinazione e anteversione (Fig. 3.23), da utilizzare per la correzione dell'angolo di inclinazione calcolato. Il grafico riporta sulle ascisse il valore calcolato sulle radiografie e sulle ordinate l'angolo di inclinazione reale; all'interno della griglia sono disegnate diverse linee che corrispondono ciascuna ad un preciso angolo di anteversione, con normoversione corrispondente alla diagonale. Per correggere l'angolo di inclinazione si procede cercando il valore misurato sulle ascisse e risalendo fino alla curva corrispondente all'angolo di anteversione ottenuto; la misura reale dell'inclinazione del collo femorale è il valore delle ordinate corrispondente al punto di intersezione<sup>53</sup>.

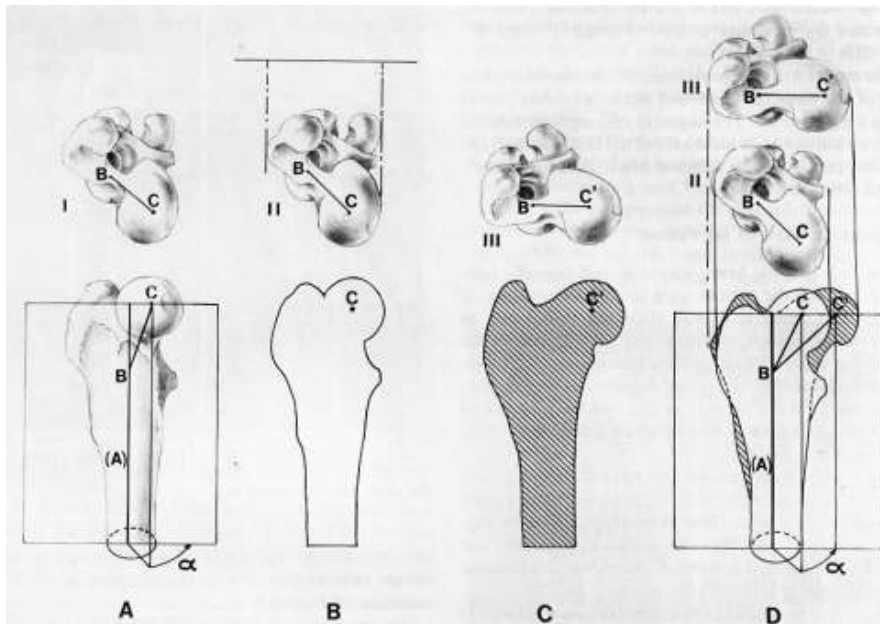


Figura 3.22: A – Rappresentazione tridimensionale dell'epifisi prossimale del femore; B – Proiezione cranio-caudale nel piano dorsale; C – Intrarotazione del femore ( $\alpha = 0$ ); D – Relazione tra il reale angolo d'inclinazione e la sua proiezione radiografica (angolo misurato)<sup>53</sup>.

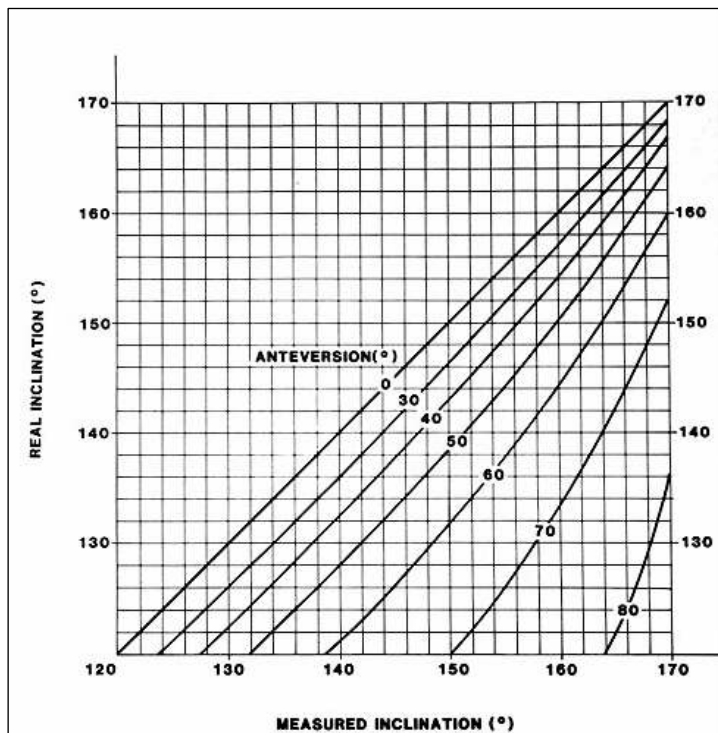


Figura 3.23: Grafico per la correzione dell'angolo di inclinazione secondo l'anteversione. Per l'utilizzo vedi testo<sup>53</sup>.

### ***Epifisi distale del femore***

L'epifisi distale del femore è probabilmente il distretto maggiormente colpito, assieme all'articolazione coxo-femorale, da patologie ortopediche connesse a difetti di allineamento scheletrico e muscolo-tendineo. Per questo, è fondamentale, prima di procedere a terapie chirurgiche correttive, eseguire una dettagliata analisi della morfologia ossea, attraverso l'individuazione di indici di deformità scheletrica.

L'*asse epicondiloideo* corrisponde alla retta passante per la massima prominente degli epicondili mediale e laterale del femore.

L'*asse intercondiloideo o transcondiloideo* è rappresentato invece dalla retta tangente alle estremità distali dei condili femorali, come si possono vedere in una proiezione frontale del femore; in pratica corrisponde alla superficie articolare del femore con la tibia.

In medicina umana, l'asse epicondiloideo riveste un ruolo importante perché sembra rappresentare una buona approssimazione dell'asse di rotazione della tibia sul femore. Tale asse risulta perpendicolare all'asse meccanico del femore, e forma con l'asse anatomico un angolo di 84° sul lato mediale. Considerando l'arto in proiezione cranio-caudale, l'asse intercondiloideo e l'asse epicondiloideo non sono paralleli tra loro ma il secondo è esternamente ruotato di circa 3° ( $3.5^\circ \pm 1.2^\circ$  nei maschi) rispetto al primo. Inoltre, con il ginocchio in flessione, l'asse epicondiloideo è approssimativamente ruotato esternamente di circa 5°- 10°. Infatti, l'epicondilo laterale è più vicino alla linea articolare rispetto l'epicondilo mediale sia in estensione che in flessione (Fig. 3.24)<sup>44</sup>.

L'importanza del rapporto fra asse epicondiloideo e intercondiloideo in medicina veterinaria non è ancora stata accertata, anche se i riferimenti utilizzati in campo umano potrebbero forse essere applicati all'anatomia del cane.

Maggiore attenzione viene rivolta, invece, nella specie canina, al rapporto fra l'asse transcondilare e l'asse diafisario del femore, fondamentale per la valutazione delle deformità femorali.

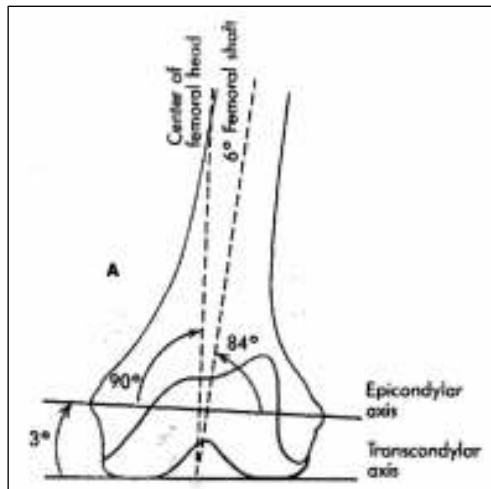


Figura 3.24: Relazione fra asse intercondiloideo ed asse epicondiloideo nell'uomo.

L'asse intercondiloideo forma con l'asse anatomico del femore il cosiddetto *angolo anatomico distale mediale del femore (anatomical Medial Distal Femoral Angle - aMDFA)*, che definisce il grado di deviazione vara del femore distale e, quindi, del ginocchio (Fig. 3.25).

A causa delle maggiori dimensioni del condilo femorale laterale, è assunto come fisiologico nella specie canina un certo grado di varismo a carico del femore distale. I range fisiologici non sono ancora stati stabiliti con chiarezza; si considerano normali angoli di circa  $83-85^{\circ}$ <sup>45,46</sup> o  $87^{\circ}$ <sup>35</sup> secondo alcuni autori, mentre altri suggeriscono range più ampi, come  $82-86^{\circ}$ <sup>95</sup>; Kowaleski M.P. addirittura assume come fisiologici aMDFA fra gli  $80^{\circ}$  ed i  $90^{\circ}$ <sup>43,63</sup>. In generale, si conviene che un varismo del femore superiore ai  $10^{\circ}$  genera una forza di rotazione interna tale da non essere adeguatamente opposta dall'azione del muscolo bicipite femorale<sup>45,88</sup>.

In questi casi, più che mai, è fondamentale eseguire i calcoli avvalendosi di immagini radiografiche “perfette”: variazioni superiori ai  $2-3^{\circ}$  fra radiografie dello stesso femore o rispetto all'arto controlaterale suggeriscono un inadeguato posizionamento del paziente o tecniche di calcolo errate<sup>63</sup>.

Se tracciamo la perpendicolare all'asse transcondilare passante per il centro della fossa trocleare si individua l'*asse anatomico del femore distale*; quest'ultimo forma con l'asse diafisario il cosiddetto *angolo di deviazione anatomica ( $\alpha$ )*, anch'esso indice della deformità femorale distale e, naturalmente, proporzionale all'aMDFA (Fig.3.25)<sup>95</sup>.



Figura 3.25: Valutazione dell'epifisi distale del femore: angolo anatomico distale femorale mediale (aMDFA) e angolo di deviazione anatomica ( $\alpha$ ).

Talvolta viene calcolato anche l'*angolo meccanico distale mediale del femore* (*mechanical Medial Distal Femoral Angle - mMDFA*), formato dall'intersezione fra l'asse intercondiloideo con l'asse meccanico del femore. Si assume come fisiologico un angolo fra gli 80° e gli 83°<sup>95</sup>.

In medicina veterinaria, viene spesso menzionato l'*angolo Q* o *angolo del quadricipite*, anche se il suo utilizzo è fortemente dibattuto. Esso deriva dall'angolo femoro-tibiale dell'uomo, determinato dall'intersezione degli assi anatomici di femore e tibia. Come menzionato precedentemente, questo valore riveste un ruolo importante in medicina umana poiché, in condizioni

fisiologiche, esso è equivalente a quello compreso fra gli assi anatomico e funzionale del femore, ed è influenzato solo dalla conformazione della componente scheletrica dell'arto<sup>44</sup>. In veterinaria, l'angolo Q origina dall'intersezione della retta passante per il ventre

muscolare del muscolo retto femorale e quella che coincide con il legamento rotuleo, su proiezione cranio-caudale del femore. In condizioni fisiologiche, la retta indicante la risultante delle forze esercitate dal quadricipite origina dall'area di inserzione del muscolo retto sul bacino al di sopra del margine acetabolare, e si porta al centro della faccia craniale della rotula, e quindi al centro della troclea femorale; la seconda linea va, invece, dal centro della rotula, e quindi, della troclea femorale, all'inserzione del legamento stesso sulla tuberosità della tibia (Fig. 3.26).

In condizioni di normalità le due rette sono molto ravvicinate, per cui l'angolo Q è estremamente ridotto (un angolo praticamente virtuale)<sup>94</sup>. In realtà studi più recenti affermano che in soggetti sani l'angolo Q presenta un'ampiezza media di circa 10°.

Tale angolo viene utilizzato nei casi di lussazione rotulea per definire, in modo approssimativo, il grado di deviazione esistente a livello del ginocchio. Infatti,

si ritrovano valori maggiori in senso mediale (valori positivi) in animali con deviazioni assiali e predisposizione alla lussazione mediale di rotula, mentre soggetti predisposti alla lussazione rotulea laterale presentano angoli Q maggiori in senso laterale (angoli negativi)<sup>40</sup>.

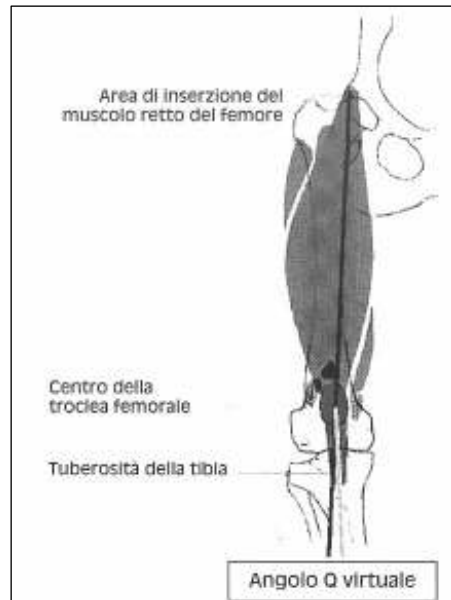


Figura 3.26: Rappresentazione dell'angolo del quadricipite o angolo Q in condizioni fisiologiche

Il problema principale connesso a questo parametro è rappresentato dalla attendibilità del valore ottenuto e dalla sua effettiva utilizzazione per l'identificazione del reale grado di deviazione del ginocchio. Innanzitutto, l'angolo Q viene ricavato utilizzando anche un punto di repere sulla tibia; è evidente come esso sia, a differenza nell'angolo femoro-tibiale umano, influenzabile anche da deformità di questo segmento osseo, in particolare, da qualsiasi alterazione patologica dell'asse femorale associata ad instabilità antero-rotatoria del ginocchio. Ad esempio, in corso di rottura del legamento crociato craniale si assiste ad una medializzazione di quest'ultima per la mancanza di una resistenza che si opponga alla rotazione della tibia verso l'interno; ne consegue un aumento dell'angolo Q. Questo aspetto assume particolare valore se consideriamo che le misurazioni vengono generalmente fatte su proiezioni radiografiche ventro-dorsali standard per la valutazione della displasia dell'anca, in cui un operatore provvede ad intraruotare la tibia medialmente, causando quindi un aumento dell'ampiezza dell'angolo Q difficilmente quantificabile<sup>94</sup>.

## VALUTAZIONE RADIOGRAFICA DELLA TIBIA

Lo studio radiografico della tibia suscita minori perplessità fra gli autori, rispetto alla valutazione del femore.

Le immagini radiografiche necessarie sono la proiezione postero-anteriore e quella medio laterale, e gli assi proposti in letteratura sono relativamente semplici da ottenere.

Se analizziamo la tibia sul *piano sagittale*, è possibile tracciare l'*asse anatomico*, congiungendo il punto più craniale del plateau tibiale in corrispondenza dell'eminanza intercondiloidea con il centro dell'articolazione tibio-astraglica (Fig. 3.28).

L'*asse funzionale*, invece, può essere identificato dalla retta passante per il centro istantaneo di rotazione dell'articolazione del ginocchio ed il centro di rotazione dell'articolazione tibio-tarsica (Fig. 3.28).

Nell'uomo, asse anatomico ed asse funzionale sul piano sagittale coincidono, a differenza del cane, in cui essi formano un angolo  $\varnothing$  (Fig. 3.27 e 3.28).

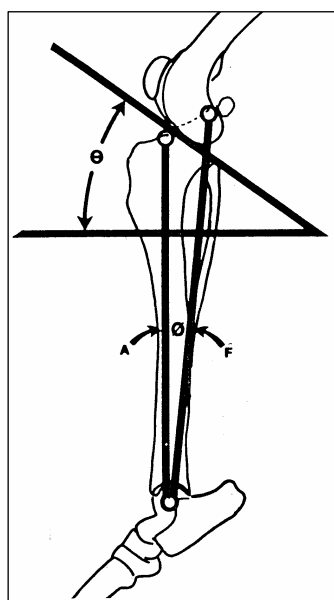


Figura 3.27: Morfologia della tibia  
A – Asse anatomico della tibia; F – Asse funzionale della tibia;  $\theta$  – Angolo d'inclinazione del piatto tibiale;  $\varnothing$  - Angolo necessario per allineare il piatto tibiale con l'asse funzionale della tibia.

Un asse molto importante nella valutazione della tibia è dato dall'*angolo di inclinazione del plateau tibiale (TPA)*. Pur non essendo un vero e proprio difetto di



allineamento, la determinazione del TPA, rientra nella trattazione dei problemi di allineamento dell'arto, in quanto è stato osservato che l'eccessiva inclinazione del piatto tibiale crea una alterazione della biomeccanica del ginocchio in grado di



Figura 3.28:  
Valutazione della  
morfologia tibiale  
nella proiezione  
medio-laterale.  
Asse anatomico  
(rosso) e asse  
funzionale (verde)  
della tibia

predisporre alla rottura del legamento crociato anteriore. Se, infatti, il piatto tibiale risulta essere troppo inclinato rispetto all'asse su cui agisce la compressione, ogni volta che il cane carica l'arto, il crociato anteriore è costretto ad opporsi ad una forza di traslazione craniale della tibia eccessiva. Questo fenomeno, a lungo andare, può portare alla rottura del legamento.

In base a quanto affermato da Slocum B., un'osteotomia derotazionale della tibia prossimale tale da rendere il piatto parallelo o quasi (circa 6°) al terreno (Tibial Plateau Leveling Osteotomy o TPLO) determinerebbe un annullamento delle forze che determinano lo slittamento craniale della tibia durante il carico<sup>51,52,91,93,97</sup>.

Sulla radiografia medio-laterale della tibia, si traccia quindi una retta che dal punto intermedio tra i due tubercoli intercondiloidei tibiali si porta al centro dell'articolazione tibio-tarsica, e corrispondente all'asse lungo dell'osso. Quindi, si traccia una seconda retta passante per il punto più craniale del piatto tibiale, a livello del tubercolo di Gerdy, e per il punto più caudale, a livello dell'inserzione tibiale del legamento crociato posteriore. L'angolo di inclinazione del plateau tibiale che si deve misurare, è quello esistente tra la tangente al piatto tibiale e la perpendicolare all'asse lungo della tibia (Fig. 3.29).

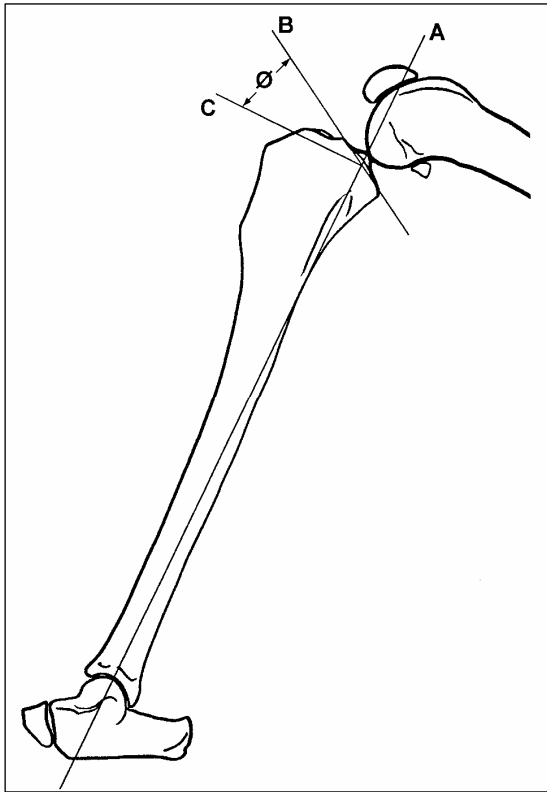


Figura 3.29: Metodo per la determinazione dell'inclinazione del piatto tibiale. Ø - Angolo d'inclinazione del piatto tibiale; A - Asse lungo della tibia, passante per il centro di rotazione dell'articolazione tibio-tarsica e il punto intermedio tra le eminenze intercondiloidee; B - Tangente al piatto tibiale; C - Perpendicolare all'asse lungo della tibia.

Tale angolo è stato analizzato approfonditamente da molti autori, e la sua misurazione sembra essere influenzata da numerosi fattori, tra cui il posizionamento radiografico, ma soprattutto l'abilità e l'esperienza dell'operatore che esegue le misurazioni, soprattutto in casi affetti da osteofitosi<sup>18,47,71,72</sup>. Il range fisiologico di TPA è calcolato entro i valori di 16° e 40°, con media di 22,9°, pur concordando comunque molti autori sul fatto che angolazioni superiori non sono da definirsi necessariamente patologiche<sup>73,74,83,96</sup>.

Di maggiore interesse nello studio dell'allineamento scheletrico dell'arto pelvico del cane sono le deviazioni dal piano sagittale mediale, valutabili sulla proiezione caudo-craniale della tibia.

Sul *piano frontale*, *asse anatomico* e *asse funzionale* della tibia coincidono, e possono essere identificati con la retta congiungente l'eminanza intercondiloidea prossimamente, e il centro della troclea tibiale distalmente (Fig. 3.30).

L'asse meccanico della tibia forma con l'*asse articolare prossimale* il cosiddetto *angolo meccanico mediale prossimale della tibia (mechanical Median Proximal Tibial Angle o mMPTA)*, che presenta valori medi di  $93,3^\circ \pm 1,78$  (Fig. 3.30). E' quindi assunta come fisiologica una deviazione in valgo della tibia prossimale di  $2-5^\circ$ , e vengono considerati patologici valori di mMPTA superiori a  $94^\circ$  (valgismo tibiale prossimale patologico) ed inferiori ai  $92^\circ$  (varismo tibiale prossimale patologico)<sup>95</sup>. Lozier S., in recenti pubblicazioni, assume come normali anche valori di mMPTA di circa  $90-93^\circ$ <sup>45,46</sup>.

L'angolo formato dall'asse meccanico della tibia e la perpendicolare alla superficie articolare passante per l'eminanza intercondiloidea è definito *angolo di deviazione meccanica o MAD*; è considerato normale fra i  $2^\circ$  e  $4^\circ$  ed è direttamente proporzionale al mMPTA<sup>95</sup>.

Se consideriamo invece il terzo distale della tibia, è possibile misurare l'*angolo meccanico mediale distale della tibia (mechanical Median Distal Tibial Angle o mMDTA)*, dato dall'intersezione fra asse meccanico e *asse articolare distale*. E' normalmente presente nel cane un valgismo fisiologico di  $3-4^\circ$ ; alcuni autori riportano angoli di circa  $95,9^\circ \pm 2,7$ , con valori patologici sopra i  $97^\circ$  (valgismo distale di tibia) e sotto i  $92^\circ$  (varismo tibiale distale) (Fig. 3.30)<sup>45,95</sup>.



Figura 3.30: Valutazione della morfologia tibiale nella proiezione caudo-craniale. Asse anatomico/meccanico della tibia, con gli assi articolari prossimale e distale; fra essi sono individuati il mMPTA (giallo) ed il mMDTA (azzurro).

## **CAPITOLO 4**

# **EFFETTI DELLE DEFORMITA'**

# **SCHELETRICHE**

L'arto pelvico, oltre alla funzione di sostegno, riveste un ruolo fondamentale nella deambulazione in quanto costituisce un vero apparato di leve responsabile dei movimenti di avanzamento del corpo.

Per la sua ottimale funzionalità è fondamentale il corretto allineamento di tutte le strutture anatomiche che contribuiscono allo svolgimento delle funzioni motorie, quali segmenti scheletrici, articolazioni ed inserzioni muscolari. In primis, è importante che anca, ginocchio, garretto e piede giacciono sul medesimo piano sagittale: i muscoli flessori possono così contrastare in maniera ottimale i muscoli estensori dell'arto, ottenendo la massima spinta propulsiva<sup>88,95</sup>. E' poi fondamentale che origine, corpo ed inserzione delle singole masse muscolari siano allineate in quanto, durante la contrazione, i muscoli tendono ad avvicinare la propria inserzione all'origine, influenzando in modo diretto sia l'orientamento del vettore di forza espresso dal muscolo stesso durante l'attività, sia l'equilibrio delle forze che agiscono sull'osso.

Alla luce di queste nuove concezioni dinamiche della biomeccanica dell'arto pelvico, risulta chiaro come funzionalità e stabilità delle singole strutture articolari non possano essere garantite soltanto dall'integrità delle diverse componenti ossee, muscolari e legamentose periarticolari, ma siano strettamente associate anche all'equilibrio esistente fra componente scheletrica e muscolare. Infatti, in caso di alterazioni di uno o più parametri, si assiste ad una progressiva ridistribuzione dei carichi ponderali, con modificazione della direzione del vettore delle forze di contrazione muscolare; questo si traduce in eccessive sollecitazioni su strutture non fisiologicamente predisposte a supportare tali carichi, e conseguenti modificazioni muscolo-scheletriche e posturali, volte a mantenere l'appiombo corretto, con

massimo contatto del piede col terreno e piedi portati sotto le articolazioni prossimali.

Molte patologie “storiche” che provocano zoppia agli arti posteriori del cane, quali la displasia d'anca, la lussazione rotulea o la rottura del legamento crociato anteriore, sono state rivalutate negli ultimi decenni sulla base dei nuovi concetti di biomeccanica attiva e sembrano, in molti casi, affondare le proprie radici eziopatogenetiche in quel complesso meccanismo di forze dinamiche che agiscono costantemente sull'arto durante la stazione e la deambulazione.

L'*anca*, e soprattutto l'orientamento del collo rispetto alla diafisi femorale, sembrano giocare un ruolo cruciale nel corretto sviluppo muscolo-scheletrico dell'arto posteriore e nella funzionalità del meccanismo estensore del quadricipite.

L'aumento dell'*angolo di anterversione femorale*, spesso associato ad un maggior angolo di inclinazione del collo femorale, determinano un incremento della tensione delle forze intra-articolari a livello dell'anca, con conseguente riduzione, nel piano frontale, del braccio di momento che agisce sull'articolazione coxo-femorale. Un momento si produce applicando una forza ad un oggetto non in linea con il suo centro geometrico, inducendone la rotazione; il valore, o intensità, del momento è determinato dal prodotto della forza per la distanza perpendicolare tra il vettore di forza ed il centro di rotazione (braccio di momento). La riduzione del braccio di momento riduce, quindi, il momento che agisce sull'anca. L'eccessiva anterversione femorale crea un'abnorme intensità e direzione della forza risultante sulla testa femorale, che tende a spingerla fuori dall'acetabolo. Questo determina la perdita della normale distribuzione delle forze a carico delle superfici articolari dell'anca, e la concentrazione di tali forze solo su una piccola area di contatto. Ciò si traduce in uno stress eccessivamente alto che porta alla prematura erosione ed alla perdita della cartilagine articolare (Fig. 4.1)<sup>98</sup>.

In caso di eccessiva anterversione femorale, inoltre, si assiste ad una rotazione esterna della porzione prossimale del femore rispetto a quella distale; per mantenere una posizione neutra, si osserva una intrarotazione della coscia, mentre la tibia, per mantenere il piede allineato sul piano sagittale, ruota esternamente. Tale condizione esita in un progressivo spostamento laterale del complesso muscolare del

quadricipite con possibili ripercussioni sulla stabilità dell'articolazione femoro-tibio-rotulea<sup>35</sup>.

Nei pazienti che presentano la diminuzione dell'angolo di versione femorale (retroversione), si verifica la rotazione esterna dell'anca per mantenere l'articolazione in posizione neutra mentre, per mantenere il piede allineato nel piano sagittale, il ginocchio e la tibia ruotano internamente. In questo modo si creano forze torsionali spostate soprattutto sul versante laterale della porzione distale del femore. In un animale giovane con le fisi ancora aperte, il femore, sottoposto a squilibri di forze, andrà incontro a curvatura e torsione laterale con deviazione laterale della troclea ed instabilità articolare<sup>58,84</sup>.

Il secondo parametro che caratterizza l'orientamento del collo femorale nello spazio è il cosiddetto *angolo di inclinazione*: una alterazione dell'ampiezza di tale valore è in grado di innescare una cascata di modificazioni morfo-funzionali di entità variabile che si ripercuotono sulle articolazioni distali.

Un aumento dell'angolo cervico-diafisario determina una condizione specifica definita "coxa valga", caratterizzata da una diminuzione della distanza del vettore della forza abdutrice dalla testa femorale (braccio di momento). Pertanto, così come accade in caso di eccessiva anteroversione, l'intensità del momento prodotto dalla stessa forza di abduzione è minore. L'abduzione ruota la testa femorale più profondamente nell'acetabolo, per cui i muscoli abduttori devono esercitare una forza maggiore per produrre lo stesso momento che si ha nell'anca normale. Ciò si traduce in una maggior forza impressa sulla testa femorale, che altera lo stato di equilibrio dell'articolazione. Questo, associato allo spostamento di direzione della forza sulla testa femorale, carica eccentricamente le trabecole ossee della parte prossimale del femore, producendo il piegamento e la deformazione dell'osso (Fig. 4.1)<sup>98</sup>.

L'anteroversione ed il valgismo del collo femorale, inoltre, determinano una conformazione a ginocchia valghe e garretti vaccini, che si osserva anche in caso di OCD del condilo femorale laterale. Un difetto simile può derivare dalla torsione della diafisi tra estremità prossimale e distale del femore<sup>86</sup>.

La coxa valga è un'alterazione scheletrica generalmente associata a lussazione laterale della rotula, così come la "coxa vara" (diminuzione dell'angolo di inclinazione del collo femorale) è associata alla lussazione mediale della rotula ed

incriminata della patogenesi delle altre alterazioni ossee osservabili in questo tipo di lussazione. La coxa vara determina effetti essenzialmente opposti a quelli generati dalla coxa valga a livello dell'anca ed a livello di tutto l'arto.

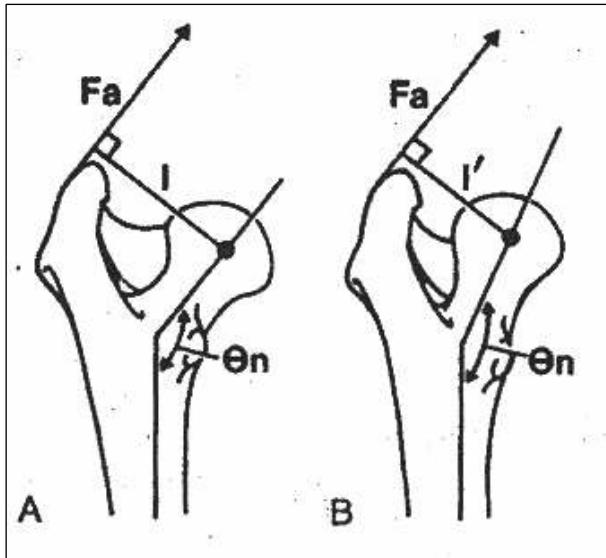


Figura 4.1: Biomeccanica dell'anca - Il momento è uguale al prodotto della forza per il braccio di momento. Confrontando A e B, non c'è variazione nell'intensità o nella direzione della forza abdutrice  $F_a$ , ma il braccio di momento  $I$  (A) diminuisce a  $I'$  quando aumenta l'angolo d'inclinazione (B). La riduzione del braccio di momento riduce il momento che agisce sull'anca.

Dal punto di vista biomeccanico, anche la lunghezza del collo femorale, definita come la distanza tra il margine laterale del grande trocantere ed il margine mediale della testa del femore, può avere ripercussioni importanti sulla funzionalità articolare. I muscoli rotatori dell'anca, interni ed esterni, si inseriscono sul trocantere ed inducono momenti angolari di pari intensità sulla testa femorale. Mediante l'allungamento del collo femorale, si ottiene un aumento dei momenti angolari, mantenendo l'equilibrio fra momento interno ed esterno (il momento angolare si calcola moltiplicando la forza per la distanza). In tal modo si origina una forza di maggiore entità diretta medialmente, in grado di contenere la testa all'interno dell'acetabolo.

La presenza di un collo femorale corto si riscontra con una certa frequenza in alcune razze, quali Akita Inu, Chow Chow e Tibetan mastiff, e talvolta può essere il risultato di traumi della cartilagine di accrescimento della testa femorale (tipo IV di Salter) e della stabilizzazione chirurgica di un distacco della cartilagine stessa. In pazienti di età inferiore ai 6 mesi, la fissazione interna di un distacco epifisario

femorale probabilmente esita in un'artropatia degenerativa dell'anca in seguito all'accorciamento del collo femorale. Nel caso di distacchi senza dislocazione dei monconi, non diagnosticati o non trattati, spesso si osserva il riassorbimento del collo femorale con conseguente accorciamento<sup>10</sup>.

Già da queste prime osservazioni emerge il ruolo decisivo rivestito dall'articolazione coxo-femorale nell'eziopatogenesi di patologie delle articolazioni distali; in particolare il *ginocchio*, che si trova in posizione intermedia, risente maggiormente del malallineamento di strutture prossimali e distali, ed è in tale sede che i difetti dell'arto posteriore diventano maggiormente evidenti dal punto di vista clinico e funzionale<sup>86</sup>.

La stabilità e la funzionalità dell'articolazione del ginocchio, infatti, richiedono la presenza di un corretto allineamento di tutto il meccanismo estensore del ginocchio, comprendente il quadricipite femorale, la rotula, il solco trocleare, il legamento retto patellare e la tuberosità tibiale; se ciò sussiste, durante il carico si crea una linea di forza dritta che stabilizza la rotula nel solco trocleare ed allinea anca, ginocchio, garretto e piede nel piano sagittale.

L'allineamento anomalo di una o più di queste strutture altera la biomeccanica dell'articolazione e predispone alla lussazione di rotula.<sup>34,36,40,86,92</sup>

Slocum B., nel 2000, individua quattro principali cause di deformità dell'arto posteriore del cane, che si ripercuotono in modo più o meno marcato sulla funzionalità del ginocchio:

1. l'abnorme posizionamento delle articolazioni, ad esempio nel malorientamento dell'acetabolo nella displasia d'anca;
2. la torsione interna di un segmento osseo, che è piuttosto frequente nella lussazione mediale di rotula;
3. la presenza di patologie articolari, spesso associate a forme di varismo o valgismo dell'osso, come nell'osteocondrosi del condilo laterale del femore o del margine mediale dell'astragalo;
4. la curvatura craniale o caudale dell'osso, alterazione meno comune, fatta eccezione per l'eccessiva inclinazione del piatto tibiale, e spesso compensata nel cane dalle normali possibilità di escursione articolare<sup>84</sup>.



Dall'analisi di circa 700 casi, l'autore individua nel "bowlegged appearance", o aspetto a "gambe arcuate", la distorsione scheletrica più facilmente riscontrabile nei pazienti revisionati; si parla in genere di "ginocchio varo" ed è una problematica diffusa in molte razze.

Tale difetto è osservabile nei Labrador e Golden retriever, ed è caratterizzato da un varismo più o meno pronunciato del femore distale; è spesso associato a lussazione rotulea mediale ed, in molti casi, a incompetenza del legamento crociato anteriore a causa della progressiva rotazione interna del ginocchio. In razze come i Rottweiler, i Bullmastiff o i Pitbull, la conformazione "bowlegged" è associata spesso ad alterazioni a carico sia del femore che della tibia: il varismo femorale è sempre accompagnato da una torsione tibiale interna, mentre solo in pochi casi si osserva una torsione interna del femore con varismo della porzione prossimale della tibia. In entrambi i casi, comunque, si verifica uno stress cronico sul legamento crociato anteriore, che si oppone all'intrarotazione del ginocchio, che può esitare nella sua precoce rottura<sup>46,84</sup>.

Anche nei casi di osteocondrite dissecante (OCD) del condilo femorale mediale si può osservare un reale varismo femorale: questo è dovuto alla minore lunghezza del condilo mediale rispetto al laterale, a causa della perdita di sostanza ossea e cartilaginea. Tale deficienza ossea può indurre anche una maggiore lassità del legamento crociato craniale, che talvolta può essere interpretata erroneamente come una vera e propria rottura. Il varismo femorale e la maggiore lassità legamentosa permettono una eccessiva intrarotazione del ginocchio, che, col tempo, può indurre uno stiramento delle strutture di sostegno periarticolari laterali e la deviazione del meccanismo estensore del quadricipite, favorendo così la lussazione rotulea mediale<sup>88</sup>.

In molte razze grandi e giganti, come Danesi, Pastore tedesco, Akita Inu, Alaskan Malamut, Siberian Husky, Irish Wolfhound e San Bernardo, si riscontra spesso il difetto opposto, ovvero la conformazione "knock kneed" o "ginocchio valgo", caratterizzata da ginocchia posizionate medialmente sul piano sagittale. Questa conformazione è spesso associata a lesioni da osteocondrite dissecante (OCD) del condilo laterale del femore, che determinano un valgismo più o meno marcato del femore distale a causa della perdita di sostanza a carico del condilo laterale;

l'abnorme lassità del legamento crociato craniale e il valgismo femorale portano ad una eccessiva rotazione esterna del ginocchio, con aumento dello stress sulle strutture cranio-mediali del ginocchio e lussazione rotulea laterale<sup>88</sup>. Tale instabilità può favorire un abnorme movimento cranio-laterale della tibia, con spostamento laterale della linea di rotazione assiale della tibia: si assiste ad un progressivo aggravamento dello stress capsulare a carico del garretto, con sviluppo di deviazioni patologiche e fenomeni osteoartritici.<sup>46,84,86</sup>

Una attenzione particolare deve essere rivolta alla lussazione rotulea, poiché è una patologia riscontrata frequentemente nel cucciolo, e seppur non presente alla nascita, è associata ad un insieme di anomalie scheletriche femorali e tibiali che compaiono precocemente e si aggravano durante la crescita, e la cui identificazione è fondamentale per la scelta e l'esito della terapia chirurgica.

Sono state avanzate diverse ipotesi per spiegare la lussazione rotulea mediale, ma nessuna è stata dimostrata. La patogenesi, tuttavia, probabilmente comprende una combinazione di alterazioni ossee, ognuna delle quali può rappresentare la causa o l'effetto del disordine.

Le deformazioni variano da lievi alterazioni dei tessuti molli ad imponenti anomalie ossee, e in tutti i casi di lussazione rotulea mediale è probabilmente presente, in vario grado, ognuna di queste deformità muscolo-scheletriche:

1. coxa vara e diminuzione dell'angolo di anteroversione femorale
2. dislocazione mediale del muscolo quadricipite femorale
3. ipoplasia del muscolo vasto laterale
4. ipoplasia del condilo mediale del femore
5. torsione laterale dell'epifisi distale del femore
6. curvatura laterale del terzo distale del femore (genu varum)
7. scarsa profondità della troclea femorale
8. instabilità rotazionale dell'articolazione del ginocchio
9. contrattura del retinacolo mediale e distensione della porzione laterale
10. deformità tibiali (dislocazione mediale della cresta, deformità della tibia prossimale e torsione laterale del tratto tibiale distale)
11. artropatia degenerativa.

Al momento attuale non esiste una sperimentazione sufficiente o una dimostrazione clinica per stabilire in modo definitivo una sequenza di eventi che conducano alle anomalie muscolo-scheletriche menzionate. Si è d'accordo sul fatto che la patogenesi delle anomalie che comportano deviazioni angolari e torsionali è da ricercare in uno spostamento della forza del muscolo quadricipite in direzione mediale, e la maggioranza degli autori propende per cause legate ad anomalie congenite dell'anca. In particolare, è stata avanzata l'ipotesi che una coxa vara induca una posizione più laterale dell'arto, che porta ad uno spostamento mediale della forza muscolare del quadricipite.

Tra le cause predisponenti a tale dislocazione mediale si è parlato anche di anomalie dell'angolo di anteroversione della testa del femore (retroversione) e di ipoplasia del muscolo vasto laterale: ne risulterebbe una rotazione esterna persistente dell'articolazione dell'anca; di conseguenza, una rotazione interna di compensazione dell'arto per garantire un appoggio corretto del piede, porterebbe ad una distensione dei tessuti molli di supporto del ginocchio ed alla formazione di una forza di tensione sulla porzione laterale della fisi. Allo stesso tempo, la potenza del muscolo quadricipite, diretta medialmente, aumenterebbe la pressione sul versante mediale del disco epifisario distale del femore e sulla corrispondente parte dell'epifisi. Qualunque sia la sequenza eziologica, nei soggetti in accrescimento, si apprezza una distribuzione anomala di forze di pressione e tensione a carico delle fisi e delle cartilagini articolari che esita, a causa dei meccanismi enunciati dalla legge di Heuter-Volkman, in una displasia dei condili femorali: avremo quindi ipoplasia del condilo mediale e allungamento di quello laterale, torsione laterale dell'epifisi femorale ed instabilità della placca subcondrale. Una diminuzione della lunghezza della corticale mediale collegata ad un aumento della lunghezza della corticale laterale determina la curvatura laterale del terzo distale del femore (varismo femorale distale).

Secondo alcuni autori, un varismo del femore superiore ai 10° genera una forza di rotazione interna tale da non essere adeguatamente opposta dall'azione del muscolo bicipite femorale<sup>43,88</sup>. Si crea così un circolo vizioso per cui la curvatura laterale del femore distale pone il ginocchio in posizione laterale rispetto

all'articolazione dell'anca e l'asse del carico sostenitivo si sposta medialmente aumentando, in questo modo, la forza fisiologica sul condilo femorale mediale.

Tali anomalie sono all'origine della instabilità rotulea mediale, accentuata dalla progressiva lassità delle strutture stabilizzanti laterali (capsula articolare laterale e fascia lata) e dalla retrazione di quelle mediali (capsula articolare mediale e fascio femorale), nonché dalla trazione del quadricipite, in particolare del muscolo retto della coscia, che ha un'inserzione mediana sull'eminanza ileo-pubica. Infine, la lussazione rotulea e l'assenza della pressione fisiologica esercitata dalla rotula sul solco trocleare determinano un appiattimento di questo ultimo.

Le deformità angolari e torsionali a carico del femore inducono progressive alterazioni anche sulla tibia, in particolare la dislocazione mediale della cresta, la curvatura mediale (deformità vara) del tratto prossimale e la torsione laterale del tratto distale. La dislocazione mediale della tuberosità tibiale è il risultato di due meccanismi patogenetici: la rotazione interna compensativa dell'arto pelvico per contrastare le anomalie di versione a carico del collo femorale e la trazione esercitata dal muscolo quadricipite, dislocato medialmente, sulla sua inserzione tibiale. La deformità della tibia prossimale è secondaria a forze anomale indotte dalla displasia dell'epifisi femorale o dall'aumento della tensione mediale del meccanismo estensorio, che portano la corticale mediale prossimale ad accrescersi più velocemente rispetto a quella laterale; la maggiore crescita del condilo femorale laterale può determinare un aumento di pressione sulla parte laterale del disco di crescita prossimale della tibia; viceversa le forze di distrazione indotte dalla dislocazione del muscolo quadricipite, associate alle ridotte dimensioni del condilo mediale che inducono una minore pressione sul relativo versante del disco prossimale della tibia, incrementano la crescita della corticale mediale della tibia prossimale, determinandone la curvatura.

Inoltre, la rotazione interna compensatoria dell'arto induce l'intrarotazione del piede; per appoggiare il piede in maniera appropriata, il cane deve ruotare esternamente l'articolazione del tarso, la qual cosa determina la torsione esterna sul disco di crescita distale della tibia. Il risultato finale è la torsione esterna della tibia, che permette all'animale di camminare con il piede rivolto in avanti.<sup>34,43,49,69,86</sup>

Se la lussazione rotulea è grave e la dislocazione della tuberosità tibiale è marcata, la rotazione interna del ginocchio può provocare un danno della banda caudale del legamento crociato craniale e favorirne, col tempo, la rottura completa<sup>88</sup>.

La gravità delle alterazioni è correlata all'età del paziente ed alla permanenza della lussazione. L'età del cane è importante perché le anomalie angolari e torsionali si presentano in seguito all'azione di forze anomale sui dischi epifisari, e le deformità saranno tanto più gravi quanto maggiore sarà il tempo che tali forze agiranno sulle cartilagini di accrescimento.

In rapporto alla presenza ed alla gravità delle diverse alterazioni cliniche e patologiche, è stato sviluppato nel corso degli anni un sistema di classificazione della lussazione rotulea<sup>34,35,42</sup>. Nelle lussazioni di grado I generalmente non sono presenti deformità scheletriche; è possibile indurre manualmente la lussazione della patella ma essa si riduce quando la pressione è allentata. Lievi deformità angolari e torsionali del femore e della tibia possono essere presenti nelle lussazioni di II grado, in cui la rotula può essere dislocata manualmente e la lussazione permane fino a quando è ridotta dall'esaminatore o dall'estensione e derotazione della tibia da parte del paziente. Nelle lussazioni rotulee di grado III, la rotula rimane dislocata per la maggior parte del tempo, ma può essere manualmente ridotta con il ginocchio in estensione; generalmente è presente una dislocazione mediale del gruppo del quadricipite, con possibili anomalie dei tessuti molli di sostegno dell'articolazione e deformità di femore e tibia. E' però nelle lussazioni di IV grado, in cui la rotula è permanentemente lussata e non può essere ridotta manualmente, che si riscontra il maggior grado di deformazione: la dislocazione mediale del muscolo quadricipite è importante e costante, le anomalie dei tessuti molli e le deformità scheletriche di femore e tibia sono marcate.

Nelle forme più gravi, inoltre, la rotula può trovarsi in corrispondenza dell'asse di flesso-estensione del ginocchio. In questo caso, il muscolo quadricipite non è in grado di estendere il ginocchio o, addirittura, può causare la flessione del ginocchio. Tale condizione generalmente si accompagna a grave malposizionamento mediale della tuberosità tibiale, genu varum e varismo della porzione distale femorale.

Talvolta, alcuni pazienti con angolo articolare del ginocchio piuttosto aperto, quali Chow Chow e Akita Inu, possono essere predisposti alla lussazione mediale di rotula per riduzione della compressione femoro-patellare. In condizioni normali, la compressione femoro-patellare mantiene la rotula all'interno del solco trocleare. La lussazione rotulea mediale spesso si associa, in questi pazienti, a rottura parziale o completa del legamento crociato craniale<sup>86</sup>.

Anche i soggetti affetti da sublussazione o lussazione d'anca sono predisposti alla lussazione rotulea mediale, in quanto il muscolo retto femorale esercita una trazione lineare dalla propria origine all'inserzione sulla tuberosità tibiale.

Funzionalmente, una analoga trazione in direzione mediale può essere creata dal paziente che deambula con rotazione esterna dell'anca e rotazione interna della tibia. Tale atteggiamento non è infrequente negli Springer Spaniel da lavoro, i quali possono presentare la lussazione mediale di rotula pur avendo una conformazione scheletrica del tutto normale e bicipiti femorali molto sviluppati. La causa della patologia è da ricercarsi nelle sollecitazioni funzionali e nel tipo di lavoro richiesto nelle competizioni. Questi cani, infatti, percorrono chilometri in una posizione abbassata e rannicchiata, detta dagli americani "vacuum cleaner crouch", nella quale le anche sono ruotate esternamente e in abduzione, mentre le ginocchia sono intraruotate. In questa posizione il baricentro del cane sembra abbassarsi. Quando l'animale assume tale posizione, il tubercolo tibiale si ritroverà medialmente alla rotula con le anche extra-ruotate e le ginocchia intra-ruotate; si esercita così una notevole forza mediale sulla rotula, dovuta all'azione del muscolo retto femorale e contrastata soltanto dal legamento patello-fabellare e, soprattutto, dal muscolo bicipite femorale, che supportano il ginocchio durante l'intrarotazione. Dato che la struttura scheletrica di questi animali è normale e la postura è quella desiderabile, queste razze sono state selezionate geneticamente proprio per tali caratteristiche. Eventuali traumi al legamento patello-fabellare o la temporanea debolezza del muscolo bicipite femorale, sono probabilmente i fattori che possono determinare l'improvvisa lussazione mediale della rotula in questi soggetti. Questo è l'unico caso in cui si assiste ad una lussazione rotulea cosiddetta "funzionale", ovvero non associata a deformità anatomiche del ginocchio o dell'intero arto.<sup>84,86,90,92</sup>

Le lussazioni rotulee laterali, meno frequenti rispetto a quelle mediali, si osservano soprattutto nelle razze di grossa taglia. Le deformità muscolo-scheletriche responsabili di un non corretto allineamento del meccanismo estensore sono, nella maggior parte dei casi, speculari rispetto a quelle che provocano le lussazioni mediali:

1. coxa valga e aumento dell'angolo di anteroversione
2. dislocazione laterale del tendine del muscolo quadricipite
3. ipoplasia del muscolo vasto mediale
4. torsione femorale interna
5. curvatura mediale del terzo distale del femore (genu valgum)
6. appiattimento del solco trocleare
7. displasia ed ipoplasia del condilo laterale del femore
8. lassità della fascia mediale e contrazione della fascia laterale
9. deformità tibiali (extrarotazione e deviazione laterale della parte prossimale della tibia, dislocazione laterale della tuberosità tibiale, torsione del tratto tibiale distale) (Fig. 4.2).

Bisogna precisare che condizioni patologiche così estreme si riscontrano solo nelle lussazioni rotulee di IV grado. Comunque, sono poche le circostanze in cui nessuna delle alterazioni scheletriche apparirà in modo chiaro ad eccezione della lussazione rotulea. Nel 95% dei casi, infatti, si presenteranno uno o più dei difetti associabili alla lussazione. Per cui sarà importante, nella valutazione del “planning” dell'intervento chirurgico, non fermarsi alla patologia più evidente, la lussazione rotulea, ma valutare l'esatta conformazione di tutte le strutture dell'arto.

L'eziopatogenesi resta ancora da definire, ma molti autori concordano sull'ipotesi che la causa di origine risieda nell'articolazione coxo-femorale. Si ritiene che la coxa valga porti l'arto verso l'interno, spostando la linea di forza prodotta dai muscoli del quadricipite ed dal peso del corpo lateralmente rispetto all'asse longitudinale della troclea femorale. Un'altra teoria postula che anche l'aumento dell'anteroversione della testa del femore possa traslare la forza della massa muscolare del quadricipite in senso laterale, così da indurre lo spostamento mediale del tratto distale del femore. Le forze anomale che agiscono sulle cartilagini di accrescimento e sulla cartilagine articolare dei condili femorali producono deformità

angolari e torsioni. La dislocazione mediale del femore distale può indurre una progressiva torsione in senso opposto della tibia al fine di garantire un regolare appoggio del piede. Le alterazioni che si generano nel femore e nella tibia causano il cosiddetto “genu valgum”, il cui effetto meccanico principale è una disparità nello sviluppo dei condili femorali. La normale sollecitazione del carico sostenitivo viene alterata dalle modificazioni angolari del ginocchio, con aumento delle forze sulla porzione laterale della fisi distale del femore; il condilo mediale si sviluppa normalmente oppure più velocemente, mentre la velocità di crescita del condilo laterale rallenta, e si osserva una progressiva arcatura mediale del terzo distale del femore. La presenza di forze anomale fa sì che il retinacolo mediale venga allungato e quello laterale teso, e la displasia del condilo laterale determina un abbassamento del labbro della troclea, così che il solco trocleare risulta meno profondo. Con la persistenza della dislocazione del quadricipite, l'eccessiva distensione del retinacolo ed il progressivo appiattimento del solco trocleare, si determinerà la lussazione laterale della rotula.<sup>34,36,58,78,86,92</sup>

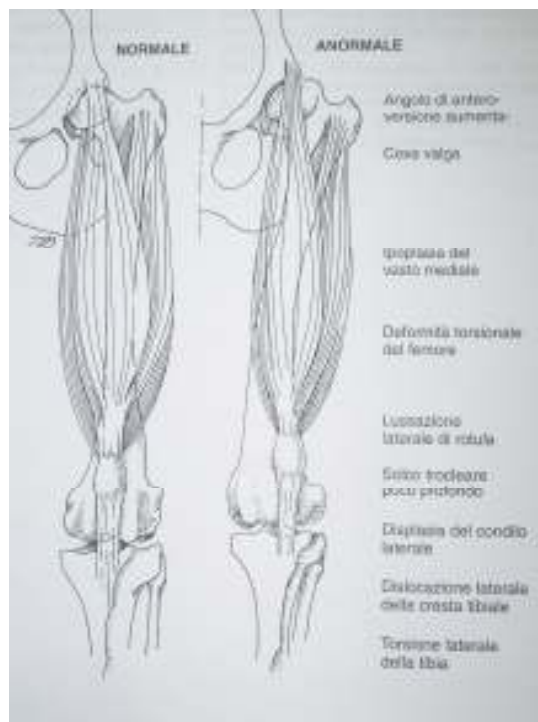


Figura 4.2: Caratteristiche anatomiche di un arto normale (a sinistra) e affetto da lussazione rotulea laterale



In alcune circostanze il fattore scatenante della lussazione patellare è l'ipoplasia del vasto mediale. Dal punto di vista filogenetico, il vasto mediale è l'ultimo muscolo nel gruppo del quadricipite a svilupparsi. In seguito a trauma od immobilizzazione, è il primo muscolo che va incontro ad atrofia e l'ultimo a rispondere alla riabilitazione. Ove ci fosse un vasto mediale ipoplasico, questo non può bilanciare l'azione del vasto laterale, il quale potrebbe portare alla dislocazione laterale della rotula<sup>58</sup>.

A livello della *tibia*, come abbiamo già visto, si possono verificare deformità angolari e difetti di torsione, che influenzano biomeccanicamente le altre strutture. Le deformità dell'epifisi prossimale tibiale in varo e in valgo sono spesso associate alla lussazione di rotula, e la loro gravità varia in base alla gravità della lussazione. Tali deformità sono generalmente dovute a forze anomale che agiscono sul versante mediale o laterale del disco cartilagineo dell'epifisi prossimale della tibia durante le fasi di accrescimento ed inducono rotazioni compensatorie a carico delle articolazioni del ginocchio e del garretto.

Il valgismo della tibia prossimale, ad esempio, causa una posizione del piede laterale all'articolazione del ginocchio, ed inoltre produce una forza rotatoria esterna che determina extrarotazione del ginocchio. Quando il valgismo della tibia prossimale è eccessivo, il gruppo muscolare del "*pes anserinus*" (muscoli sartorio, semitendinoso e gracile) non riesce a contrastare l'extrarotazione del ginocchio con una forza di rotazione interna efficace, per cui si determinerà lo stiramento del comparto cranio-mediale della capsula articolare, la deviazione laterale del meccanismo del quadricipite e la lussazione laterale della rotula<sup>88</sup>. In caso di deformità angolare valga della parte prossimale della tibia si può associare anche un progressivo aumento dell'inclinazione del plateau tibiale, che esita in un eccessivo stress sul legamento crociato anteriore<sup>12</sup>.

Anche la posizione della tuberosità tibiale rispetto al piano sagittale può influenzare notevolmente la funzionalità dell'arto pelvico poiché, come già enunciato precedentemente, costituisce parte integrante del meccanismo estensore del ginocchio. Il suo spostamento mediale o laterale influenza direttamente la stabilità articolare poiché favorisce la lussazione rotulea sul medesimo lato. Nei casi più gravi,

la rotazione interna del ginocchio determina un danneggiamento della banda caudale del legamento crociato craniale, fino all'eventuale rottura dell'intero legamento; in questi casi, generalmente la tuberosità tibiale subisce una traslazione mediale, ma anche craniale, e ciò può ridurre la compressione femoro-patellare, favorendo quindi la lussazione rotulea<sup>88</sup>.

Una particolare deformità riscontrabile a livello dell'epifisi prossimale è una eccessiva inclinazione del piatto tibiale. Molti autori (Read e Robins 1982, Slocum 1993, Selmi 2001, Macias 2002, Reif e Probst 2003, ecc.) hanno descritto la rottura del legamento crociato craniale, in assenza di trauma, in associazione esclusivamente a deformità della tibia prossimale<sup>70</sup>.

L'aumento dell'inclinazione del piatto tibiale oltre i 30° è stato considerato un fattore favorente la rottura del legamento crociato anteriore, in quanto altera l'azione delle componenti attive (pes anserinus e muscoli posteriori della coscia) e delle componenti passive (legamento crociato craniale e corno caudale del menisco mediale), che si oppongono alla spinta tibiale craniale. In alcuni casi, l'eccessiva inclinazione del plateau tibiale, la rottura del legamento crociato craniale e l'eccessiva intrarotazione tibiale possono favorire la lussazione mediale di rotula<sup>88</sup>. In condizioni normali, il profilo craniale dell'arto posteriore è caratterizzato dal rilievo derivante dalla presenza della rotula e della tuberosità tibiale. Nei pazienti con grave inclinazione del plateau tibiale, da 35° a 60°, si osserva lo spostamento craniale della tibia e la scomparsa del normale profilo della rotula. Questi soggetti sembrano possedere una coscia molto lunga e una gamba corta. Sebbene l'articolazione sia flessa, il ginocchio appare dritto<sup>86</sup>.

La torsione interna della diafisi tibiale può essere presente in soggetti con arti "bowlegged" e contribuisce direttamente alla lussazione rotulea mediale, alla rottura parziale o completa del LCA e all'insorgenza di osteoartrite a carico del compartimento articolare mediale nei soggetti più anziani. La torsione esterna della tibia contribuisce al disagio provato dai cani affetti da OCD e instabilità rotazionale antero-mediale del ginocchio<sup>86</sup>.

Le deformità in varismo e valgismo della tibia distale interessano un numero limitato di soggetti, e possono essere conseguenza di danni alle cartilagini di

accrescimento, anche perché tale distretto osseo, essendo priva di masse muscolari di protezione, si rivela maggiormente vulnerabile ai traumi.

La chiusura prematura della componente mediale della cartilagine di accrescimento distale della tibia in assenza di traumi è un evento raro, che si ritrova quasi esclusivamente nel Bassotto ed è riconducibile probabilmente ad una condizione di trasmissibilità ereditaria: la displasia metafisaria ereditaria, denominata “*pes varus*” da Johnson et al.<sup>16,39,68</sup> Il risultato di tale condizione è una deviazione vara della tibia distale dovuta all’arresto di crescita del comparto mediale della cartilagine di accrescimento distale della tibia, mentre l’accrescimento del versante laterale avviene normalmente. L’arresto asimmetrico della crescita avviene intorno ai 5-6 mesi, determinando grave varismo della porzione distale della tibia, fino a 20-30°, ed accorciamento dell’osso di 4-8 mm. Inoltre, questi soggetti presentano anche un incurvamento a convessità caudale della tibia distale, lieve intrarotazione tibiale e fenomeni di esostosi sul versante craniale dell’osso. La deformità in varo della tibia distale può essere, ma non necessariamente, accompagnata da uno spostamento mediale della tuberosità tibiale, che predispone alla lussazione rotulea mediale.

Deformità angolari e torsionali possono interessare occasionalmente il comparto distale dell’arto pelvico. Le deformità congenite dell’articolazione del *tarso* o tarso-metatarsica, nel cane, sono fenomeni piuttosto rari. Generalmente, le deformità che interessano questa regione sono acquisite, conseguenti a difetti delle componenti più prossimali dell’arto, che a livello del tarso si traducono in deformità angolari, come valgismo o varismo, e deformità torsionali responsabili di mancinismo o cagnolismo del piede. Ad esempio, un valgismo del piede, spesso osservato in razze quali il Rottweiler, può compensare parzialmente la conformazione a ginocchia vare della parte superiore dell’arto<sup>86</sup>.

In letteratura, sono riportati casi di “metatarsal rotation”, un difetto di allineamento congenito che origina primariamente nella regione tarso-metatarsica. Si tratta di un difetto di cani di razza gigante come S. Bernardo, Pastore dei Pirenei, Rottweiler, ed è caratterizzato da extrarotazione del piede a partire dalla regione medio-tarsica. Nei casi riferiti, a seguito della rotazione metatarsale, i pazienti

presentano il piede ruotato all'esterno in relazione al suo asse longitudinale; il lato mediale tende a portarsi in posizione dorsale, mentre la faccia laterale si trova diretta in senso plantare. Di conseguenza, le strutture capsulari, legamentose e muscolo-tendinee andranno incontro ad alterazione ed adattamento alla deviazione scheletrica. In un lavoro del 1994 sono state analizzate le modificazioni scheletriche associate alla rotazione metatarsale, soprattutto per quel che riguardava la forma, il numero ed i rapporti reciproci delle strutture. Le principali alterazioni riscontrate, conseguenza dell'eccessiva torsione metatarsale, comprendevano una sublussazione medio-laterale dell'astragalo rispetto all'articolazione tibio-tarsica, un astragalo con troclea lievemente appiattita, collo tozzo e grosso, testa ipertrofica e ripiegata in alto e medialmente, un notevole adattamento articolare con lo scafoide, una sublussazione medio-laterale e caudale del calcaneo e un'ipotrofia del sustentaculum tali. Inoltre, erano ben evidenti anche l'inclinazione ventrale e rotazionale in senso medio-laterale del cuboide con rotazione delle rimanenti ossa del tarso e l'obliquità, dall'alto in basso e dall'interno all'esterno, delle interlinee articolari calcaneo-cuboidea e tarso-metatarsica, con un'ipertrofia del cuneiforme mediale. Molto accentuata era la lateralizzazione dei metatarsi III, IV e V, associata anche a polidattilia.

La causa di tali alterazioni probabilmente consiste in un difetto congenito, di natura ereditaria, o in alterazioni durante la vita fetale, per cause diverse<sup>21</sup>.

## **CAPITOLO 5**

### **STUDIO SPERIMENTALE**

## **5.1. Prima fase**

### ***Analisi di un preparato anatomico isolato di femore di cane***

#### **INTRODUZIONE**

In medicina umana, le problematiche connesse ai difetti di allineamento degli arti sono affrontate da tempo da molti autori, mentre in ambito veterinario la bibliografia è ancora scarsa e non fornisce dati univoci e costanti. Le maggiori discordanze si osservano soprattutto nello studio del femore: numerosi sono i metodi proposti, ma nessuno è ancora in grado di soddisfare requisiti importanti come semplicità, rapidità di esecuzione, oggettività e naturalmente attendibilità dei valori ottenuti.

Alla luce di queste osservazioni, abbiamo voluto analizzare e confrontare i singoli metodi emersi dalla nostra ricerca bibliografica per la valutazione dell'allineamento del femore, al fine di individuare quale, a nostro giudizio, si rivelava più valido in quanto ad applicabilità, oggettività ed affidabilità, in presenza ed in assenza di deviazioni angolari o torsionali. Per ridurre al minimo gli elementi di variabilità, lo studio è stato eseguito su un singolo preparato anatomico isolato, opportunamente modificato in base alle nostre necessità.

#### **MATERIALI E METODI**

Un femore sinistro di cane di media taglia privo di evidenti difetti di allineamento è stato isolato per essere sottoposto ad accurato studio radiografico.

Il segmento osseo è stato osteotomizzato, mediante sega oscillante, in corrispondenza del terzo medio della diafisi. I due monconi sono stati connessi mediante l'interposizione di un perno snodabile, applicato prossimamente e distalmente nel canale femorale e fissato mediante resina; il perno consentiva

movimenti di torsione sull'asse lungo del femore, nonché deviazione in tutti i piani dello spazio. Prima di eseguire l'osteotomia, veniva tracciato l'asse lungo del femore sulla superficie craniale dell'osso, in modo da avere un valido riferimento per evitare di impartire deformità torsionali "iatrogene" al momento dell'applicazione del perno. Il moncone prossimale veniva fissato ad un supporto in legno mediante fili di Kirschner, in modo da garantire l'applicazione di deformazioni soltanto ad una epifisi (Fig. 5.1).



Figura 5.1: Preparato anatomico isolato osteotomizzato e fissato al supporto in legno. Veduta frontale (a sinistra) e laterale (sopra)

Sfruttando tale apparato, sono state eseguite proiezioni radiografiche ortogonali del segmento osseo in posizione neutra, in modo da ottenere proiezioni antero-posteriore e medio-laterale "perfette".

Mancando nel segmento osseo isolato i principali punti di repere riportati in letteratura per valutare il corretto posizionamento dell'osso in una proiezione antero-posteriore, quali la rotula e le fabelle, sono stati assunti come criteri distintivi soltanto il piccolo trocantere per l'epifisi prossimale, ed il solco trocleare e i condili femorali per il comparto distale: il primo doveva essere solo parzialmente visibile a livello della corticale mediale del femore, mentre il solco trocleare doveva trovarsi in posizione centrale rispetto all'epifisi distale ed i condili femorali dovevano apparire simmetrici. Per quanto concerne la proiezione medio-laterale, l'unico parametro attendibile e facilmente valutabile è apparso la sovrapposizione dei condili femorali,

in quanto il rapporto fra cresta intertrocanterica e centro della testa del femore risulta variabile e spesso condizionato dalla conformazione dell'epifisi prossimale dei singoli soggetti.

Con il preparato osseo in posizione neutra veniva eseguita anche la proiezione assiale con asse lungo del femore perpendicolare alla cassetta radiografica e parallelo al fascio radiogeno; unico criterio di valutazione del corretto posizionamento era la delimitazione netta del canale midollare.

Successivamente, le proiezioni radiografiche venivano ripetute dopo aver impartito al segmento osseo distorsioni in varo/valgo o torsionali di grado noto e progressivamente maggiore.

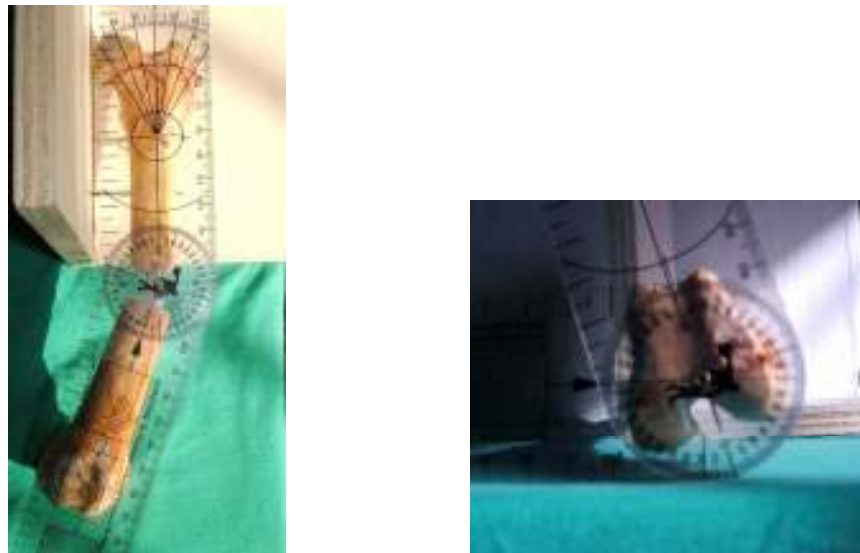


Figura 5.2: Preparato anatomico isolato dopo applicazione di deviazioni angolari (a sinistra) e torsionali (a destra).

I radiogrammi del femore in posizione cranio-caudale venivano ripetuti dopo aver applicato al moncone distale deviazioni angolari di  $6^\circ$ ,  $10^\circ$  e  $15^\circ$ , prima in varo, e poi in valgo. Tali deformità sono state applicate con l'ausilio di un goniometro snodabile messo in corrispondenza dell'asse lungo precedentemente disegnato sull'osso stesso. Le deviazioni sono state eseguite avendo cura di non applicare forze torsionali al moncone distale; l'ancoraggio del tratto prossimale del femore al



supporto in legno garantiva, poi, l'applicazione della deformità ad un solo segmento del preparato in esame (Fig. 5.2).

Seguendo i medesimi criteri, sono state eseguite radiografie del femore in proiezione assiale dopo aver applicato al moncone prossimale del femore una deformità torsionale patologica di  $10^\circ$ , in direzione sia craniale, sia caudale (Fig. 5.2).

Le immagini radiografiche sono state trasferite mediante l'impiego di una fotocamera digitale su computer e elaborate utilizzando un programma di grafica vettoriale (CorelDRAW X3, 2005).

Sulle proiezioni antero-posteriori del segmento osseo, in posizione neutra e con deviazioni progressive del moncone distale, sono stati individuati gli assi anatomici secondo il metodo Symax, il metodo di Montavon ed il metodo utilizzato in medicina umana, sulla base delle procedure designate dai diversi autori. Per il metodo adottato in medicina umana, trattandosi di un preparato isolato e non di un arto pelvico integro, al posto del centro dell'articolazione del ginocchio è stato adottato come repere un punto equidistante alle corticali mediale e laterale a livello dell'epifisi distale del femore. Gli assi tracciati sono stati successivamente messi a confronto.

A livello dell'epifisi distale del femore, è stato tracciato l'asse intercondiloideo e la perpendicolare ad esso passante per il centro della fossa intercondiloidea; quest'ultima veniva utilizzata per il calcolo degli angoli di deviazione in varo ed in valgo con i diversi assi anatomici tracciati. Quando l'angolo fra la perpendicolare all'asse intercondiloideo e l'asse anatomico si apriva in direzione laterale, l'angolo stesso era assunto, per comodità, come positivo (deviazione vara del femore); viceversa, se tale angolo era spostato in direzione mediale rispetto al piano sagittale, il suo valore era considerato negativo e si parlava di deviazione valga del femore distale.

L'analisi dell'epifisi prossimale si concludeva con la determinazione dell'angolo di inclinazione con il primo e secondo metodo di Hauptman, il metodo Symax ed il metodo di Montavon, e dell'angolo di anteroversione secondo i metodi diretto ed indiretto. Il metodo indiretto è stato ripetuto anche sulle radiografie del

femore con  $10^\circ$  di anteversione e  $10^\circ$  di retroversione patologici da noi impressi al moncone prossimale del preparato osseo.

I dati emersi dallo studio sono stati confrontati fra di loro e sottoposti una revisione critica.

## **RISULTATI**

Il femore analizzato presentava una deviazione vara a livello dell'epifisi distale di  $2,7^\circ$  per il metodo Symax,  $2,0^\circ$  per il metodo adottato in medicina umana e di  $4,2^\circ$  secondo la metodica indicata da Montavon. I risultati ottenuti sul segmento osseo con deviazioni angolari progressive sono riportati in Tabella 5.1.

Nella Tabella 5.1 viene poi riportata, fra parentesi, la differenza algebrica tra i gradi di deviazione femorale calcolati sui differenti radiogrammi rispetto alla proiezione neutra di riferimento; essa corrisponde alla differenza fra deviazione reale del femore e deviazione messa in evidenza da ogni specifica metodica di calcolo. Lo scarto medio riscontrato fra i gradi di deviazione realmente impressi al segmento osseo e quelli evidenziati dal calcolo radiografico varia notevolmente in base alla metodica di misurazione adottata, ed è nettamente inferiore per il metodo di Montavon rispetto alle restanti procedure ( $2,55^\circ$ ).

Il valore dell'angolo di inclinazione è  $129^\circ$  per il metodo Symax e  $128^\circ$  per il secondo metodo di Hauptman; le restanti metodiche forniscono valori nettamente superiori ( $140^\circ$  per il primo metodo di Hauptman e  $147,5^\circ$  utilizzando il metodo di Montavon). Il metodo di Montavon indica un angolo cervico-diafisario di  $147,5^\circ$  che, però, è stato corretto secondo l'angolo di anteroversione, come indicato dall'autore stesso: si ottiene così un angolo di  $142^\circ$  (Tab. 5.2).

L'angolo di anteroversione del nostro femore misurato sulla proiezione assiale, in posizione neutra, è risultato  $38^\circ$  (metodo diretto); anche il calcolo trigonometrico di Montavon ha fornito un valore simile ( $37,5^\circ$ ). I dati ottenuti sul femore con  $10^\circ$  di anteversione e retroversione patologici mediante il metodo geometrico sono riportati in Tabella 5.3.

Tabella 5.1: Angoli di deviazione anatomica dell'epifisi distale del femore con differenti gradi di valgismo, in posizione neutra e con varismo. Fra parentesi è riportata la differenza fra deviazione reale e deviazione misurata sulle radiografie con le diverse metodiche. La colonna a destra riporta lo scarto medio fra gradi di deviazione reale e valori misurati dalle diverse metodiche.

	Valgismo 15° (°)	Valgismo 10° (°)	Valgismo 6° (°)	Neutra (°)	Varismo 6° (°)	Varismo 10° (°)	Varismo 15° (°)	Scarto medio dal valore reale (°)
<i>Metodo Symax</i>	- 4,4 (7,1)	- 2,6 (5,3)	1,3 (1,4)	2,7	4,9 (2,2)	7,2 (4,5)	8,4 (5,7)	5,97
<i>Metodo med. umana</i>	- 3,4 (5,4)	- 1,8 (3,8)	2,0 (0)	2,0	4,9 (2,9)	5,8 (3,8)	6,8 (4,8)	6,89
<i>Metodo Montavon</i>	- 12,5 (16,7)	- 8,2 (12,4)	- 3,5 (7,7)	4,2	7,6 (3,4)	12,0 (7,8)	14,5 (10,3)	2,55

Tabella 5.2: Angolo di inclinazione calcolato sul preparato osseo con le diverse metodiche (fra parentesi è riportato l'angolo cervico-diafisario dopo correzione secondo l'angolo di anteversione).

	Angolo di inclinazione
<i>Metodo Symax</i>	129°
<i>Primo metodo di Hauptman</i>	140°
<i>Secondo metodo di Hauptman</i>	128°
<i>Metodo Montavon</i>	147,5° (142°)

Tabella 5.3: Angolo di anteversione calcolato sul preparato osseo mediante metodo trigonometrico indiretto, con femore in posizione neutra e dopo applicazione di una deviazione torsionale di 10° cranialmente (anteversione) e caudalmente (retroversione).

	Posizione neutra	Anteversione patologica (10°)	Retroversione patologica (10°)
<i>Angolo di anteversione (metodo indiretto)</i>	37,5°	47,7°	18,3°

## DISCUSSIONE

La conformazione complessa ed irregolare del femore è alla base della confusione presente in bibliografia sulla valutazione dell'allineamento di tale segmento osseo. Numerosi sono stati i metodi proposti nel corso degli anni, senza però che nessuno di essi ricevesse il consenso univoco della medicina veterinaria.

In questa prima fase del nostro lavoro abbiamo, quindi, voluto confrontare personalmente i diversi metodi descritti in letteratura, riscontrando non poche difficoltà sia nell'esecuzione delle singole misurazioni, sia nell'interpretazione dei risultati ottenuti, diversi fra loro e talvolta discutibili.

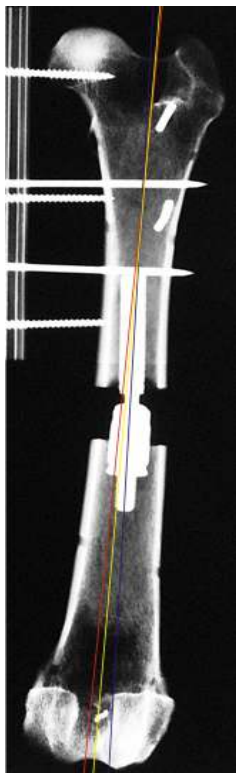


Figura 5.3: Assi anatomici sovrapposti. Asse anatomico Symax (rosso); asse anatomico di medicina umana (giallo); asse anatomico di Montavon (blu).

Particolarmente suggestiva a tale riguardo è stata l'analisi dei tre metodi per la determinazione dell'asse anatomico sulla proiezione cranio-caudale del femore in posizione neutra: il metodo Symax ed il metodo adottato in medicina umana delineano due rette sovrapponibili che dividono in modo uniforme sia l'epifisi prossimale, sia l'epifisi distale; l'asse anatomico di Montavon divide equamente il comparto prossimale del femore, ma a livello dell'epifisi distale la retta si discosta molto dalle precedenti e si presenta molto più laterale rispetto al centro della troclea (Fig.5.3).

Il metodo Symax presenta punti di repere chiari e ben visibili sul radiogramma, mentre nel metodo della medicina umana sono difficilmente individuabili i riferimenti a carico dell'epifisi distale, problema notevolmente accentuato nel nostro caso trattandosi di un preparato anatomico isolato. Inoltre, sia il metodo di Montavon, sia il metodo della medicina umana si basano sull'individuazione dell' "asse lungo del femore", parametro scarsamente definito in letteratura, la cui individuazione ha determinato molte perplessità.

Se consideriamo inoltre la rapidità e la facilità di esecuzione del metodo Symax rispetto agli altri, in cui i punti di repere sono spesso affidati alla soggettività dell'operatore,

potremmo affermare che il metodo Symax per il calcolo dell'asse anatomico è il più valido fra quelli analizzati per attendibilità dei risultati, oggettività e applicabilità.

Se però analizziamo i risultati ottenuti applicando le singole metodiche a segmenti ossei con deviazioni angolari note a carico dell'epifisi distale (Tab.5.1), possiamo riscontrare dati contrastanti. Infatti, si osserva ancora una buona correlazione fra asse anatomico Symax ed umano, i quali però non dividono più in modo uniforme né l'epifisi prossimale, né quella distale; l'asse di Montavon invece, si discosta sempre dai precedenti, ma divide ancora in due parti uguali l'epifisi prossimale e buona parte della diafisi femorale (Fig. 5.4).

Il metodo di Montavon, inoltre, sembra essere l'unico metodo in grado di rilevare le deviazioni in varo e valgo da noi impresse all'epifisi distale con relativa attendibilità, come mostrano i dati riportati in Tabella 5.2. Ciò probabilmente perché, essendo l'asse anatomico di Montavon principalmente espressione dell'epifisi prossimale del femore, esso viene influenzato in minore misura da alterazioni della conformazione dell'epifisi distale.

A nostro parere, lo scarto medio riscontrato fra i gradi di deviazione realmente impressi al segmento osseo e quelli emersi dal calcolo radiografico eseguito con il metodo di Montavon, considerando il margine di errore umano nel valutare con precisione i gradi impressi al moncone osseo e nel calcolo degli angoli sul radiogramma, può essere assunto, con ragionevole approssimazione, come sufficientemente ridotto. Diversa è la situazione per i risultati forniti dagli altri metodi, che non sono capaci di rilevare i gradi di deviazione in varo e valgo da noi applicati al femore in analisi; questo è probabilmente da attribuirsi al fatto che gli assi anatomici secondo Symax e medicina umana sono determinati sulla base di punti di repere dell'epifisi sia prossimale, sia distale, e sono quindi alterati in modo consistente dalle deviazioni scheletriche presenti.

Se analizzando ulteriormente i dati riportati nella Tabella 5.1, è possibile osservare che, anche per il metodo di Montavon, si apprezza comunque una progressiva perdita di precisione nell'individuazione delle deformità femorali proporzionalmente all'aumentare del grado di deformità. Si osserva, inoltre, la tendenza, piuttosto costante, a sovrastimare di alcuni gradi le deviazioni in valgo, e al contrario, a sottostimare le deformità in varo dell'epifisi distale del femore.

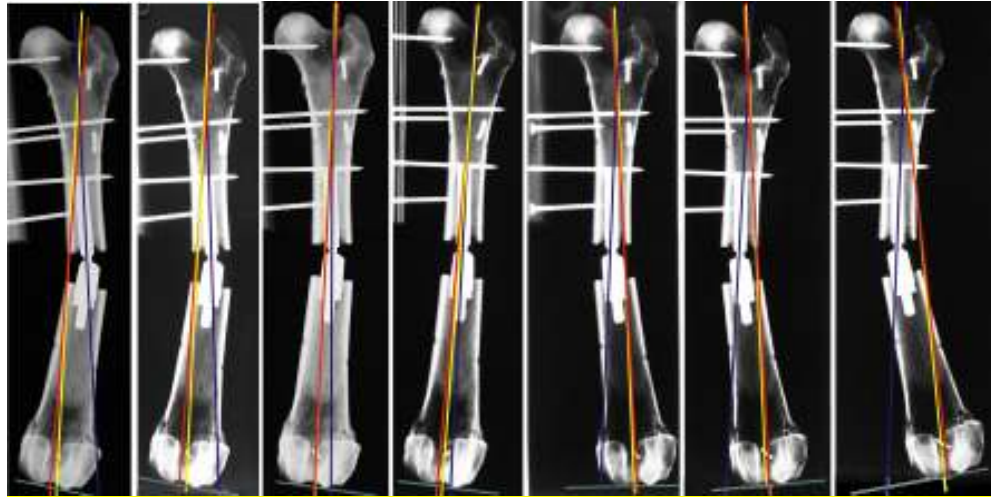


Figura 5.4: Assi anatomici sovrapposti su femore con 15°, 10° e 6° gradi di valgismo, in posizione neutra e con 6°, 10° e 15° gradi di varismo (da sinistra a destra). Asse anatomico Symax (rosso); asse anatomico di medicina umana (giallo); asse anatomico di Montavon (blu).

Per quanto concerne l'angolo di inclinazione, possiamo riscontrare una certa disomogeneità dei risultati; infatti il primo metodo di Hauptman e il metodo di Montavon mostrano angoli simili ma nettamente superiori rispetto alle altre due metodiche.

Le difficoltà maggiori sono state riscontrate nel calcolo dell'angolo cervico-diafisario con il secondo metodo di Hauptman: infatti, esso si basa su un segmento perpendicolare al cosiddetto "asse del collo", il quale però non viene descritto nei lavori dello stesso autore; inoltre, tale segmento deve trovarsi nel punto di maggior restringimento del collo femorale, repere piuttosto soggettivo. Infine, il centro di tale segmento è molto vicino al centro della testa femorale, per cui è sufficiente una minima variazione per ottenere rette con gradi di inclinazione molto diversi fra loro (Fig. 5.5). Il metodo Symax si è rivelato sicuramente vantaggioso per facilità e rapidità di esecuzione, visto che l'individuazione dei cerchi a carico della testa femorale e delle epifisi prossimali non ha evidenziato particolari difficoltà. La procedura indicata da Montavon per il calcolo dell'angolo di inclinazione implica l'impiego di un compasso per il calcolo dell'asse cervicale; è piuttosto complessa e ciò può favorire l'insorgenza di errori durante la procedura, ma allo stesso tempo si basa su punti di repere facilmente definibili.

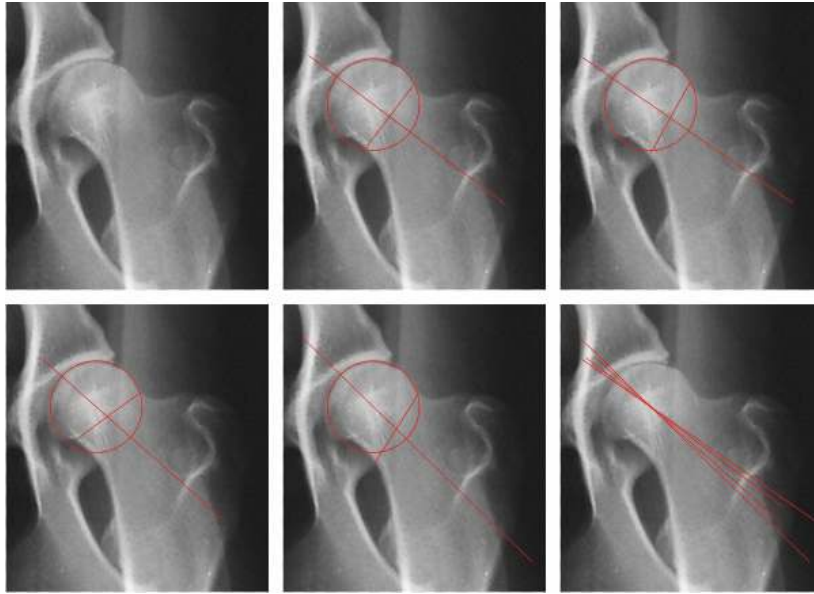


Figura 5.5: Asse cervicale calcolato con il secondo metodo di Hauptman: minime variazioni nella scelta dell'inclinazione dell' "asse del collo" o del punto di maggior restringimento del collo femorale influenzano in modo significativo l'orientamento dell'asse cervicale e, di conseguenza, dell'angolo di inclinazione.

L'angolo di anteversione è sicuramente fra i parametri più dibattuti nella letteratura umana e veterinaria, anche se molti autori concordano sul fatto che la proiezione assiale del femore risulti il metodo di calcolo più attendibile. La difficoltà di ottenere però immagini radiografiche idonee, soprattutto in assenza di apparecchi specifici, quali Intensificatori di Brillanza o TC, giustifica la necessità di un metodo di calcolo alternativo: infatti, anche nel nostro studio, che pur si basava su un segmento osseo isolato, è risultato difficile un corretto posizionamento del preparato, in modo che la diafisi femorale risultasse perfettamente parallela al fascio radiogeno. In molti casi, abbiamo riscontrato che anche minime variazioni di orientamento dell'osso stesso rendevano difficoltoso, se non impossibile, l'identificazione dei classici punti di repere utilizzati per l'individuazione dell'asse cervicale.

Il metodo indiretto proposto da Montavon ha lo scopo di ovviare a queste problematiche, basandosi su un calcolo geometrico eseguito su radiografie del femore in posizione medio-laterale e antero-posteriore. In accordo con i dati riportati in letteratura, il metodo biplanare, seppur leggermente più complesso, è risultato comunque molto valido: i radiogrammi sono facilmente eseguibili ed i punti di

reperire su di essi sono in genere ben individuabili; il valore ottenuto sul nostro segmento osseo era inoltre molto prossimo a quello ricavato dal metodo diretto.

Per valutare l'applicabilità e la validità del metodo di Montavon anche nei casi di deformità torsionali del femore, abbiamo ripetuto le misurazioni con metodo biplanare su proiezioni del segmento osseo in esame dopo aver determinato una anteversione ed una retroversione patologiche di  $10^\circ$ , mantenendo inalterata l'epifisi distale del femore. Nel primo caso, si è ottenuto un valore conforme alla deformità da noi impartita al femore, con uno scarto rispetto al valore reale di  $0,2^\circ$ , praticamente trascurabile. Nel caso opposto, invece, la misurazione ottenuta non si è rivelata attendibile: il valore di  $18,3^\circ$  è infatti lontano dal valore atteso (circa  $27,5^\circ$ ). Questo perché quando è presente una importante retroversione, si assiste alla sovrapposizione della testa femorale e del grande trocantere nella proiezione radiografica medio-laterale, con conseguente perdita dei punti di repere necessari per le misurazioni.



## 5.2. Seconda fase

### *Analisi della morfologia femorale canina su cadaveri*

#### INTRODUZIONE

Le prove eseguite sul preparato osseo isolato ci hanno consentito di fare un po' di chiarezza su una tematica molto dibattuta, come la scelta delle metodiche più idonee per una corretta valutazione della morfologia femorale.

Un'altra problematica affrontata da diversi autori negli ultimi decenni è la scelta della procedura diagnostica migliore al fine di ottenere dati attendibili sull'allineamento dell'arto posteriore. Tutti concordano sul fatto che i pazienti debbano essere sedati per ottenere immagini radiografiche di buona qualità; ma ciò implica l'impossibilità di prendere in considerazione parametri importanti, come la forza peso e l'azione delle masse muscolari sull'arto. Inoltre, spesso si rivela difficoltoso posizionare l'animale in modo tale da evitare, o ridurre al minimo, artefatti che inducano errori diagnostici; questo è valido soprattutto per il femore. Infatti, mentre per la tibia gli autori concordano sulla validità delle proiezioni postero-anteriore e medio-laterale nell'evidenziare la presenza o meno di deformità clinicamente importanti, per quanto riguarda il femore ci sono opinioni contrastanti.

La proiezione maggiormente diffusa per lo studio del femore è la proiezione ventro-dorsale standard utilizzata per lo screening diagnostico della displasia dell'anca. Possono però essere fatte due osservazioni importanti: innanzitutto, affinché le rotule si trovino al centro della troclea femorale e quindi il posizionamento venga giudicato corretto, è necessario che un operatore intraruoti forzatamente la parte distale degli arti, e questo può alterare l'immagine radiografica del femore stesso. Inoltre, per quanto gli arti vengano mantenuti iperestesi, è difficile ottenere un perfetto parallelismo fra osso femorale e cassetta radiografica, a causa del maggiore sviluppo delle masse muscolari nella porzione più prossimale dell'arto;

questo esita necessariamente in una distorsione più o meno marcata dell'immagine del femore.

Alla luce di tali considerazioni, alcuni autori hanno proposto di eseguire la proiezione del femore mantenendo il cane “seduto” con gli arti estesi cranialmente, in modo che il femore si trovi in una posizione migliore, ovvero con asse lungo parallelo alla cassetta radiografica<sup>48</sup>.

Fra le proiezioni radiografiche proposte per lo studio dell'allineamento dell'arto pelvico, va inoltre menzionata la proiezione postero-anteriore; viene normalmente eseguita per lo studio della tibia e del ginocchio, ma può essere estesa anche al femore, in modo da avere una visione globale di tutto l'arto pelvico<sup>20,84</sup>.

Nel nostro studio, abbiamo voluto confrontare le proiezioni radiografiche cranio-caudale standard e a cane “seduto”, e la proiezione postero-anteriore nello studio di allineamento del femore, per evidenziare l'eventuale presenza di differenze importanti ai fini di un “planning” chirurgico; abbiamo inoltre voluto applicare le metodiche di calcolo eseguite sul preparato anatomico isolato, al fine di valutarne la reale applicabilità sull'animale ed eventuali variazioni in base alla proiezione radiografica utilizzata.

## **MATERIALI E METODO**

Lo studio è stato eseguito su otto arti pelvici di cane, appartenenti a quattro pazienti deceduti o sottoposti ad eutanasia per cause non correlabili a patologie dell'apparato muscolo-scheletrico. I soggetti appartenevano a diverse razze di taglia medio-grande (due Doberman Pinscher, un Boxer ed un Epagneul Breton) ed avevano età e sesso differenti; l'unico criterio di inclusione è stato quello di essere esenti da patologie ortopediche ed evidenti difetti di allineamento a carico degli arti posteriori.

E' stato eseguito uno studio radiografico degli arti posteriori, mediante quattro proiezioni:

- *Proiezione ventro-dorsale standard della pelvi;*

- *Proiezione antero-posteriore con femore perpendicolare al fascio radiogeno (proiezione a cane “seduto” o con supporto);*
- *Proiezione postero-anteriore di tutto l’arto;*
- *Proiezione medio-laterale di tutto l’arto.*

La *proiezione ventro-dorsale standard della pelvi* è quella comunemente usata per lo screening diagnostico della displasia dell’anca; deve includere il bacino con la parte posteriore del sacro, i due femori e la porzione più prossimale della tibia. Il corretto posizionamento è stato valutato in base alla simmetria dei fori otturati, al parallelismo fra i femori, alla posizione delle rotule e delle fabelle, come descritto nel capitolo 3.1.

Per quanto riguarda la *proiezione antero-posteriore a cane “seduto”*, si sono incontrate difficoltà nel posizionamento degli animali a causa delle dimensioni dei soggetti in esame; per questo abbiamo ritenuto necessario apportare alcune modifiche, pur mantenendo il principio base della suddetta proiezione, ovvero raggiungere un migliore parallelismo fra osso in esame e cassetta radiografica. Per ottenere ciò ci siamo avvalsi di uno specifico supporto su cui veniva adagiata la cassetta radiografica (Fig. 5.6). Il cane era posizionato in decubito dorsale con gli arti posteriori estesi caudalmente; il supporto, posto sotto l’arto in esame, veniva inclinato fino ad ottenere un buon parallelismo fra pellicola radiografica e femore; il fascio radiogeno veniva a sua volta orientato in modo tale da risultare perpendicolare alla cassetta radiografica; un operatore infine impartiva alla porzione distale dell’arto una lieve intrarotazione affinché sull’immagine radiografica la rotula si trovasse al centro del solco trocleare (Fig. 5.7). Per il posizionamento sono stati considerati i riferimenti di una proiezione ventro-dorsale standard (Fig. 5.8).

La *proiezione postero-anteriore* è stata eseguita con il cane in decubito sternale e doveva includere anca, ginocchio e tarso; perché ciò fosse possibile, nei soggetti di grossa mole, è stato necessario utilizzare pellicole radiografiche di grandi dimensioni (30 x 40 cm) poste in diagonale, in modo da sfruttarne la massima lunghezza. Per giudicare il posizionamento dell’arto, sono stati utilizzati i criteri stabiliti da Slocum B. et al. nel 2000: la proiezione radiografica poteva essere giudicata “perfetta” quando, in assenza di deviazioni patologiche, la rotula si trovava

al centro della troclea femorale ed il margine mediale del calcaneo giaceva nella massima profondità del solco talare<sup>84</sup>.



Figura 5.6: Specifico supporto utilizzato per ottenere la proiezione con femore parallelo alla cassetta radiografica (Proiezione a "cane seduto" modificata).



Figura 5.7: Corretto posizionamento del paziente per ottenere una proiezione a "cane seduto" modificata di buona qualità.



Figura 5.8: Proiezione radiografica a "cane seduto" modificata

La *proiezione medio-laterale* è stata eseguita con soggetto in decubito laterale ed arto in esame adagiato sul tavolo radiologico in semiflessione a formare un angolo di circa 90° a livello sia del ginocchio, che del tarso. A causa del maggiore spessore delle masse muscolari nella parte prossimale dell'arto, è stato necessario ricorrere a schermi di piombo per ottimizzare l'esposizione delle diverse componenti articolari. Tali schermi venivano posizionati sulla cassetta radiografica in corrispondenza della porzione prossimale dell'arto mentre si eseguiva la radiografia con i parametri idonei per la tibia ed il tarso; successivamente, avendo cura di non spostare né il soggetto, né il tavolo radiologico durante le manovre, si procedeva all'esecuzione di un secondo scatto con tempi di esposizione maggiori, dopo aver spostato gli schermi di piombo a livello della parte distale

dell'arto.

Tutti i radiogrammi ottenuti sono stati visionati subito dopo lo sviluppo, e ripetuti se ritenuti non idonei, per non adeguatezza dei parametri o errato posizionamento del soggetto.

Successivamente, i femori di ciascun cadavere sono stati scheletrizzati ed isolati, nonché trattati per favorirne la conservazione. E' stato eseguito poi lo studio radiografico dei femori isolati, avvalendoci di supporti di materiale radiotrasparente, in modo da ottenere radiografie "perfette". Ciascun segmento osseo è stato valutato mediante tre proiezioni radiografiche:

- *Proiezione antero-posteriore* (Fig. 5.9);
- *Proiezione medio-laterale* (Fig. 5.10);
- *Proiezione assiale o longitudinale* (Fig. 5.11).

I criteri utilizzati per valutare l'adeguato posizionamento dell'osso sono stati i medesimi adottati nello studio eseguito sul preparato anatomico isolato.

Le immagini radiografiche, come nella prima fase del lavoro, sono state fotografate con un apparecchio digitale ed elaborate sul computer. Inizialmente, le misurazioni sono state eseguite anche su carta lucida.

Per ciascun arto sono stati tracciati, sulle proiezioni ventro-dorsale, antero-posteriore con supporto e postero-anteriore dei femori, i seguenti assi:

- ✓ *Asse anatomico Symax;*
- ✓ *Asse anatomico adottato in medicina umana;*
- ✓ *Asse anatomico di Montavon;*
- ✓ *Asse cervicale Symax;*
- ✓ *Asse cervicale con il primo metodo di Hauptman;*
- ✓ *Asse cervicale con il secondo metodo di Hauptman;*
- ✓ *Asse cervicale di Montavon;*
- ✓ *Asse intercondiloideo.*

Si è quindi proceduto al calcolo dell'angolo di inclinazione per l'epifisi prossimale e l'angolo di deviazione femorale per l'epifisi distale, secondo le diverse metodiche descritte in letteratura:

- *Angolo di inclinazione con metodo Symax* (Angolo fra asse anatomico Symax e asse cervicale Symax);

- *Angolo di inclinazione con il primo metodo di Hauptman* (Angolo fra asse anatomico adottato in medicina umana e asse cervicale con il primo metodo di Hauptman);
- *Angolo di inclinazione con il secondo metodo di Hauptman* (Angolo fra asse anatomico adottato in medicina umana e asse cervicale con il secondo metodo di Hauptman);
- *Angolo di inclinazione con metodo di Montavon* (Angolo fra asse anatomico di Montavon e asse cervicale di Montavon);
- *Angolo di deviazione femorale secondo Symax* (Angolo fra asse anatomico Symax e asse intercondiloideo);
- *Angolo di deviazione femorale adottato in medicina umana* (Angolo fra asse anatomico adottato in medicina umana e asse intercondiloideo);
- *Angolo di deviazione femorale secondo Montavon* (Angolo fra asse anatomico di Montavon e asse intercondiloideo).

Sul piano frontale di ciascun femore è stato calcolato anche il *segmento "Y"* (Distanza fra il centro della testa femorale e l'asse anatomico di Montavon).

Sulla proiezione medio-laterale è stato invece tracciato l'asse anatomico di Montavon ed il *segmento "X"* per il calcolo dell'*angolo di anteversione con metodo biplanare indiretto*.

Le radiografie dei femori isolati sono state analizzate secondo le medesime procedure. Sono stati tracciati, quindi, gli assi anatomici, cervicali ed intercondiloidei secondo i diversi metodi suddetti; questi, a loro volta, sono stati utilizzati per il calcolo di angolo di inclinazione, angolo di deviazione femorale e angolo di anteversione con metodo diretto ed indiretto.

I valori ottenuti sono stati analizzati statisticamente con il programma di elaborazione dati GraphPad Prism®. Sono stati messi a confronto i risultati scaturiti dall'analisi dei femori nelle singole proiezioni ventro-dorsale standard, antero-posteriore con supporto e postero-anteriore con i dati dei segmenti ossei isolati, da noi assunti come controllo, utilizzando il test T di Student per dati indipendenti; le differenze sono state ritenute significative per  $p < 0,05$ .



Figura 5.9:  
Proiezione  
ventro-dorsale  
del femore  
separato



Figura 5.10:  
proiezione medio-  
laterale del femore  
separato



Figura 5.11: Proiezione assiale del femore  
separato

## RISULTATI

I valori ottenuti dal calcolo degli angoli di inclinazione con il metodo Symax, i due metodi di Hauptman e la procedura proposta da Montavon sono riportati in Tabella 5.4.

In Tabella 5.5 sono registrati i dati relativi agli angoli di deviazione femorale, calcolati utilizzando i diversi assi anatomici riportati in letteratura. Per semplificare l'interpretazione dei risultati, quando l'angolo fra perpendicolare all'asse intercondiloideo ed asse anatomico in esame si apriva in direzione laterale, e quindi era presente una deviazione vara del femore distale rispetto al piano verticale, l'angolo era assunto come positivo; al contrario, se tale angolo si formava medialmente rispetto all'asse anatomico, il suo valore era considerato negativo e si parlava di deviazione valga del femore distale.

La Tabella 5.6 riporta i valori degli angoli di anteroversione del femore, calcolati con il metodo trigonometrico proposto da Montavon.

Nella colonna a destra di ciascuna tabella sono riportate la media dei valori ottenuti con ogni metodica utilizzata e la relativa deviazione standard.

Le valutazioni statistiche sui dati ricavati dal confronto dei valori ottenuti sul preparato osseo isolato e quelli calcolati sulle singole proiezioni radiografiche non hanno evidenziato variazioni significative. Fanno eccezione il valore relativo all'angolo di inclinazione calcolato con il metodo Symax sulla proiezione ventro-dorsale standard ( $p = 0,0476$ ) (Tab. 5.4 e Tab. I - Appendice), e l'angolo di anteroversione calcolato con metodo indiretto utilizzando la proiezione a "cane seduto" modificata del femore ( $p = 0,0399$ ) (Tab. 5.6 e Tab. III - Appendice).



Tabella 5.4: Angoli di inclinazione femorale calcolati con quattro diverse metodiche su proiezioni radiografiche ventro-dorsale, postero-anteriore e a “cane seduto” modificata, e su segmento osseo isolato. La colonna a destra riporta la media dei valori ottenuti e la relativa deviazione standard. (\*) = valori significativi per  $p < 0,05$

	<i>Metodo</i>	<i>Caso 1</i>	<i>Caso 2</i>	<i>Caso 3</i>	<i>Caso 4</i>	<i>Caso 5</i>	<i>Caso 6</i>	<i>Caso 7</i>	<i>Caso 8</i>	<i>Media ± SEM</i>
<b>Proiezione ventro-dorsale standard</b>	<b>Symax</b>	130,9°	125,8°	128,0°	127,1°	125,1°	125,1°	123,8°	125,4°	126,4* ± 0.7883
	<b>Primo di Hauptman</b>	154,4°	148,2°	154,2°	147,3°	145,2°	142,1°	146,5°	143,6°	147,7 ± 1.600
	<b>Secondo di Hauptman</b>	116,2°	122,9°	130,2°	123,4°	123,9°	121,4°	125,1°	123,2°	123,3 ± 1.372
	<b>Montavon</b>	147,0°	145,3°	149,1°	147,4°	149,9°	145,7°	145,1°	147,6°	147,1 ± 0.6179
	<b>Montavon corretto</b>	141,0°	139,0°	143,0°	143,0°	144,0°	140,0°	140,0°	142,0°	141,5 ± 0.6268
<b>Proiezione postero-anteriore</b>	<b>Symax</b>	135,0°	123,8°	131,2°	128,2°	124,1°	125,7°	126,1°	129,2°	127,9 ± 1.352
	<b>Primo di Hauptman</b>	155,6°	138,7°	152,8°	148,7°	143,6°	142,5°	143,9°	149,1°	146,9 ± 2.005
	<b>Secondo di Hauptman</b>	140,3°	121,8°	134,1°	125,7°	118,1°	118,0°	130,8°	131,3°	127,5 ± 2.825
	<b>Montavon</b>	153,1°	143,4°	149,9°	146,1°	144,9°	146,0°	148,5°	151,5°	147,9 ± 1.199
	<b>Montavon corretto</b>	148,0°	138,0°	143,0°	141,0°	139,0°	140,0°	143,0°	143,0°	141,9 ± 1.109
<b>Proiezione a “cane seduto” modificata</b>	<b>Symax</b>	135,2°	130,8°	128,5°	129,5°	129,3°	129,5°	129,1°	127,2°	129,9 ± 0.8395
	<b>Primo di Hauptman</b>	157,7°	151,4°	150,2°	154,4°	147,0°	147,0°	147,1°	142,6°	149,7 ± 1.695
	<b>Secondo di Hauptman</b>	140,2°	123,0°	129,5°	127,8°	129,9°	128,5°	129,9°	126,4°	129,4 ± 1.745
	<b>Montavon</b>	157,7°	149,1°	145,3°	151,0°	151,5°	151,4°	153,7°	146,9°	147,8 ± 0.6769
	<b>Montavon corretto</b>	152,0°	142,0°	136,0°	144,0°	142,0°	144,5°	146,0°	140,0°	143,3 ± 1.650
<b>Segmento osseo isolato</b>	<b>Symax</b>	134,0°	129,3°	131,9°	129,7°	129,0°	127,2°	125,1°	127,1°	129,2 ± 0.9986
	<b>Primo di Hauptman</b>	152,8°	148,1°	152,7°	151,9°	140,5°	144,7°	139,2°	140,9°	146,4 ± 2.042
	<b>Secondo di Hauptman</b>	137,5°	131,7°	124,1°	127,9°	125,2°	117,4°	118,4°	125,1°	125,9 ± 2.334
	<b>Montavon</b>	150,4°	146,6°	148,9°	150,1°	147,7°	147,8°	144,8°	146,4°	147,8 ± 0.6769
	<b>Montavon corretto</b>	144,0°	140,0°	142,0°	145,0°	141,0°	143,0°	139,0°	138,0°	141,5 ± 0.8660

Tabella 5.4: Angoli di deviazione anatomica femorale, calcolati con tre diverse metodiche per l'individuazione dell'asse anatomico, su proiezioni radiografiche ventro-dorsale, postero-anteriore e a "cane seduto" modificata, e su segmento osseo isolato. La colonna a destra riporta la media dei valori ottenuti e la relativa deviazione standard.

	<i>Metodo</i>	<i>Caso 1</i>	<i>Caso 2</i>	<i>Caso 3</i>	<i>Caso 4</i>	<i>Caso 5</i>	<i>Caso 6</i>	<i>Caso 7</i>	<i>Caso 8</i>	<i>Media±SEM</i>
<i>Proiezione ventro-dorsale standard</i>	<i>Symax</i>	0,2°	1,2°	-2,0°	2,4°	3,9°	4,0°	1,3°	-1,4°	1.200 ± 0.7858
	<i>Medicina umana</i>	0,9°	1,3°	-0,9°	2,5°	3,4°	4,0°	2,0°	-1,4°	1.475 ± 0.6771
	<i>Montavon</i>	-2,1°	-1,0°	-3,7°	0,9°	5,3°	3,8°	2,3°	-1,0°	0.5625 ± 1.087
<i>Proiezione postero-anteriore</i>	<i>Symax</i>	-3,7°	-5,0°	-5,2°	1,9°	0,6°	2,3°	0,0°	0,1°	-1.125 ± 1.076
	<i>Medicina umana</i>	-3,8°	-4,2°	-5,1°	1,7°	0,8°	2,0°	-0,4°	-0,2°	-1.150 ± 0.9932
	<i>Montavon</i>	-5,8°	-7,1°	-7,4°	0,5°	1,1°	2,5°	1,2°	1,9°	-1.638 ± 1.524
<i>Proiezione a "cane seduto" modificata</i>	<i>Symax</i>	-2,3°	1,8°	0,2°	-1,6°	5,3°	5,2°	2,3°	-2,1°	1.100 ± 1.088
	<i>Medicina umana</i>	-2,0°	1,4°	1,2°	-1,5°	4,0°	4,4	2,1	-1,6°	1.000 ± 0.8862
	<i>Montavon</i>	-3,9°	-0,3°	-1,4°	-1,6°	6,7°	6,9	5,7	-1,9°	1.275 ± 1.555
<i>Segmento osseo isolato</i>	<i>Symax</i>	2,3°	2,3°	0,7°	-1,2°	2,9°	4,2°	1,4°	-3,0°	1.200 ± 0.8238
	<i>Medicina umana</i>	2,8°	1,9°	1,1°	-0,4°	2,9°	4,5°	1,7°	-3,2°	1.413 ± 0.8308
	<i>Montavon</i>	0,1°	-0,2°	-0,9°	-3,1°	2,4°	5,3°	2,3°	-3,5°	0.3000 ± 1.045

Tabella 5.5: Angoli di anteroversione femorale calcolati con metodo indiretto biplanare di Montavon, su proiezioni radiografiche ventro-dorsale, postero-anteriore e a "cane seduto" modificata, e su segmento osseo isolato. La colonna a destra riporta la media dei valori ottenuti e la relativa deviazione standard. (\*) = valori significativi per p<0,05

	<i>Metodo</i>	<i>Caso 1</i>	<i>Caso 2</i>	<i>Caso 3</i>	<i>Caso 4</i>	<i>Caso 5</i>	<i>Caso 6</i>	<i>Caso 7</i>	<i>Caso 8</i>	<i>Media±SEM</i>
<i>Proiezione VD standard</i>	<i>Metodo indiretto</i>	34,2°	37,2°	39,3°	32,6°	41,0°	35,4°	33,0°	39,4°	36.51 ± 1.126
<i>Proiezione postero-anteriore</i>	<i>Metodo indiretto</i>	36,1°	35,8°	40,4°	33,8°	42,0°	38,0°	34,6°	45,0°	38.21 ± 1.389
<i>Proiezione "a cane seduto" modificata</i>	<i>Metodo indiretto</i>	34,2°	41,0°	45,0°	40,0°	44,1°	42,3°	42,3°	38,3°	40.90* ± 1.221
<i>Segmento osseo isolato</i>	<i>Metodo indiretto</i>	36,5°	36,9°	43,2°	34,6°	36,1°	33,0°	36,9°	40,0°	37.15 ± 1.119

## DISCUSSIONE

L'esecuzione delle diverse proiezioni radiografiche sui cadaveri non ha rilevato particolari difficoltà, ad eccezione della proiezione medio-laterale: anche se il problema dell'esposizione radiografica delle porzioni prossimali e distali dell'arto è stata, nel nostro caso, risolta mediante l'impiego di schermi piombati, la procedura si è rivelata più lunga ed il rischio di muovere l'animale durante le manovre di spostamento degli schermi è concreto, nonostante venga applicata la massima attenzione. Per quanto riguarda la proiezione antero-posteriore con femore perpendicolare al fascio radiogeno, come spiegato precedentemente, abbiamo ritenuto opportuno adottare alcune modifiche: infatti, a causa delle dimensioni dei cadaveri a nostra disposizione, la proiezione a "cane seduto" si presentava difficoltosa. Abbiamo quindi deciso di ricorrere ad uno specifico supporto da applicare sotto l'arto in esame, che ci permettesse di modificare l'inclinazione della cassetta radiografica, in modo da ottenere un migliore parallelismo con la struttura ossea da analizzare. Il limite principale di questa metodica è la necessità di un apparecchio radiologico dotato di cuffia inclinabile.

In un primo momento, le misurazioni sono state eseguite sia su carta lucida, che su computer. Nonostante la procedura manuale si fosse rivelata valida e facilmente applicabile, si è optato per il sistema informatico; quest'ultimo, infatti, presentava il vantaggio di essere più rapido e ripetibile, nonché di consentire l'elaborazione dell'immagine (dimensione, intensità, luminosità e contrasto), rendendo quindi maggiormente visibili alcuni punti di repere necessari per il calcolo degli assi. Ciò è stato possibile perché, trattandosi di misure angolari e/o rapporti, le eventuali variazioni di dimensioni legate alla fotografia, non modificavano i risultati finali.

Per quanto riguarda le misurazioni eseguite sulle radiografie, abbiamo confermato alcune osservazioni emerse nella prima fase del nostro lavoro.

L'asse anatomico Symax e l'asse anatomico utilizzato in medicina umana delineano due rette quasi sovrapponibili in tutte le proiezioni radiografiche analizzate; questo perché entrambi presentano punti di repere a carico sia dell'epifisi prossimale (cerchio tangente all'epifisi prossimale per il metodo Symax e il

segmento passante per il piccolo trocantere per il metodo della medicina umana), sia dell'epifisi distale (cerchio tangente all'epifisi distale per il metodo Symax ed il centro dell'articolazione del ginocchio per il metodo della medicina umana). Il metodo adottato in medicina umana, rispetto al metodo Symax, si basa su punti di repere più imprecisi e soggettivi, come il centro dell'articolazione del ginocchio oppure il segmento perpendicolare all'asse lungo del femore, che, come già detto in precedenza, è un parametro non definito accuratamente in letteratura. Il metodo proposto da Montavon si basa su parametri riconducibili soltanto alla porzione prossimale del femore e, in genere, descrive una retta più spostata lateralmente rispetto agli altri metodi; ciò si ripercuote inevitabilmente sugli angoli di deviazione femorale, che spesso sono più bassi (deviazione in valgo) (Tab. 5.4). L'asse intercondiloideo è un parametro che non desta particolari difficoltà in quanto il margine inferiore dei condili è generalmente ben visibile su tutte le radiografie.

Confrontando i risultati ottenuti nelle diverse proiezioni radiografiche con quelli del femore isolato non si sono riscontrate differenze statisticamente significative; quindi possiamo affermare che, se eseguiamo proiezioni cranio-caudali o caudo-craniali del femore “perfette”, le distorsioni radiografiche, indotte da un minore parallelismo fra cassetta e struttura ossea da analizzare, sono minime. Nonostante ciò, se analizziamo attentamente i risultati dell'elaborazione statistica dei dati, è possibile notare che, nelle proiezioni cranio-caudali del femore, si registrano costantemente valori di P molto elevati ed addirittura prossimi all'unità nella proiezione ventro-dorsale standard. Nella proiezione postero-anteriore, invece, si osservano i valori più bassi, seppur tutti superiori al limite di significatività. Inoltre, i valori medi degli angoli di deviazione femorale ottenuti sono inferiori di circa due gradi rispetto ai risultati osservati sulle altre proiezioni e sull'osso isolato (Appendice - Tab.II).

Per quanto riguarda il calcolo dell'angolo di inclinazione del femore permangono le medesime perplessità suscitate dal precedente studio sul preparato anatomico isolato: il metodo Symax ed il primo metodo di Hauptman forniscono valori medi fisiologici che oscillano fra i 123,3° ed i 129,9°, nettamente inferiori rispetto a quelli ottenuti con le altre procedure (valori medi fra 141,5° e 149,7°). Le

differenze sono attribuibili principalmente alla diversa inclinazione degli assi cervicali forniti dagli autori per il calcolo dell'angolo di inclinazione.

Anche in questo caso, le maggiori difficoltà sono emerse nell'applicazione delle metodiche di calcolo proposte da Hauptman. Il primo metodo prevede l'individuazione del punto più distale della fossa trocanterica, che spesso è poco visibile sulle immagini radiografiche; inoltre, il segmento tracciato da tale punto alla corticale mediale del femore deve essere perpendicolare all'asse che divide la diafisi del femore, il quale però, come già detto in precedenza, non è descritto con chiarezza in letteratura, e è quindi lasciato alla soggettività dell'operatore. Il secondo metodo di Hauptman trova il suo fondamento nell'individuazione del punto di maggior restringimento del collo femorale, che però talvolta è difficilmente valutabile a causa della sovrapposizione di strutture ossee adiacenti sull'immagine radiografica, oppure di osteofiti. Inoltre, il centro di tale segmento è spesso molto vicino al secondo repere necessario per tracciare l'asse cervicale, ovvero il centro della testa femorale; per questo, come osservato anche sul preparato anatomico isolato, minime variazioni nella scelta di uno dei punti sopra citati, esita inevitabilmente in variazioni consistenti dell'angolo di inclinazione (Fig.5.5). Le osservazioni fatte inducono ad ipotizzare che tali procedure di calcolo dell'angolo di inclinazione possano essere maggiormente suscettibili di errori. Tale ipotesi può essere avvalorata dai dati riguardanti le medie dei valori degli angoli di inclinazione calcolati sugli otto femori analizzati: in tutte le proiezioni radiografiche eseguite, per i due metodi di Hauptman si osservano deviazioni standard maggiori, con valori che variano fra i  $1,372^\circ$  ed i  $2,825^\circ$  (Tab. 5.4).

Il metodo Symax si è rivelato, ancora una volta, il più semplice ed applicabile; si avvale inoltre di punti di repere generalmente ben visibili su tutti i radiogrammi eseguiti. Il metodo proposto da Montavon prevede l'impiego di un compasso e l'esecuzione di più passaggi per ottenere le misurazioni desiderate. Vista la complessità della procedura si è portati ad ipotizzare che la tecnica sia maggiormente soggetta ad errori di esecuzione; questo però sembra essere smentito dai calcoli sulla deviazione standard, che si presentano ridotti rispetto alle altre metodiche (i valori di deviazione standard più alti osservati per il metodo di Montavon corretto devono probabilmente essere imputati alle procedure di calcolo

dell'angolo di anteroversione) (Tab. 5.5). Una possibile spiegazione può essere il fatto che il metodo proposto da Montavon è comunque basato su punti di repere facilmente individuabili su tutti i radiogrammi, come il centro della testa femorale e l'intersezione fra cresta e fossa trocanterica.

Il confronto fra le diverse proiezioni radiografiche e i radiogrammi eseguiti sull'osso isolato non ha rilevato, anche in questo caso, differenze statisticamente significative per quanto concerne il calcolo dell'angolo di inclinazione. Il valore di  $p = 0,0476$  emerso dal confronto del metodo Symax nella proiezione ventro-dorsale standard può essere, a nostro parere, trascurato: innanzitutto, è molto prossimo al valore soglia di significatività; in secondo luogo, bisogna considerare che abbiamo comunque utilizzato un test molto sensibile ad un numero di campioni esiguo (Appendice - Tab.I).

Il calcolo dell'angolo di torsione con il metodo trigonometrico di Montavon, nonostante l'apparenza, si è rivelato semplice e facilmente applicabile; i punti di repere indicati dall'autore sono ben visibili sulle radiografie, e le proiezioni necessarie sono facilmente eseguibili (anche per quanto riguarda la proiezione medio-laterale, i problemi di esposizione sono molto ridotti se ci limitiamo ad eseguire la radiografia soltanto al femore). I valori ottenuti sui femori analizzati rientrano, nella maggior parte dei casi, negli intervalli fisiologici riportati in letteratura (angoli di anteroversione fra  $12^\circ$  e  $40^\circ$ ), pur essendo sempre superiori alla media di  $27^\circ$  indicata da alcuni autori<sup>81</sup> (Tab. 5.6). L'elaborazione dei risultati rileva una differenza statisticamente significativa fra il valore medio ottenuto con la proiezione a "cane seduto" modificata e i dati delle ossa isolate ( $p = 0,0399$ ). Considerando che, anche nel calcolo dell'angolo di inclinazione si registravano valori di  $p$  inferiori, seppur superiori a 0,05, rispetto alle proiezioni ventro-dorsale standard e postero-anteriore, possiamo affermare che nella proiezione a "cane seduto" modificata è possibile avere distorsioni radiografiche significative a carico dell'epifisi prossimale del femore (Appendice - Tab.III).

### 5.3. Terza fase

#### *Revisione della casistica clinica*

##### INTRODUZIONE

L'articolazione del ginocchio può essere interessata da processi patologici locali o legati a difetti di appiombamento di tutto l'arto; infatti, a causa della sua posizione intermedia fra anca e piede, è direttamente dipendente dal complesso equilibrio di forze che regolano l'arto pelvico durante la stazione e la deambulazione. La stabilità articolare è strettamente connessa alla presenza di un perfetto allineamento del meccanismo estensore e di tutte le componenti attive e passive che agiscono sull'intero arto posteriore, per cui l'alterazione anche di una sola di queste strutture non può che avere risultati significativi sul funzionamento dell'intero apparato.

La struttura che risente maggiormente di tali alterazioni è la rotula, strettamente connessa, per la sua posizione strategica, al meccanismo estensore. La lussazione rotulea rappresenta, infatti, l'esito di progressive deformazioni strutturali dei tessuti molli e/o scheletrici dell'arto pelvico del cane.

In uno scheletro immaturo, la dislocazione del gruppo muscolare del quadricipite determina un effetto corda, o "bowstring effect", che esita in un abnorme sviluppo angolare e torsionale del femore; viene quindi ad alterarsi la stretta interazione fra rotula e solco trocleare, con ripercussioni negative sulla stabilità del ginocchio e sull'integrità del meccanismo estensore di tutto l'arto<sup>62,63</sup>.

Per questo, in corso di lussazione di rotula, è indispensabile l'individuazione del preciso meccanismo eziopatogenetico che è alla base della patologia in atto; infatti, il successo della terapia chirurgica implica una accurata valutazione, ed altrettanto accurato ed adeguato trattamento, di tutti i problemi presenti a carico sia delle strutture ossee (femore e tibia), sia dei tessuti molli peri-articolari, al fine di ristabilire l'equilibrio fra le forze che agiscono sull'articolazione del ginocchio, ed in particolare sulla rotula.

Tali osservazioni, se analizzate in relazione alla elevata diffusione della patologia rotulea nella specie canina, giustificano la crescente attenzione dei moderni ortopedici veterinari nei confronti della tematica trattata in questo lavoro: l'individuazione di eventuali deformità scheletriche a carico del femore o della tibia condiziona inevitabilmente la scelta, nonché l'esito favorevole della procedura chirurgica.

Abbiamo quindi deciso di applicare le metodiche di valutazione della morfologia femorale ad alcuni casi di lussazione rotulea trattati presso il Dipartimento di Clinica Veterinaria nel triennio 2004-2006, con l'obiettivo di individuare la presenza di difetti di allineamento femorale e l'eventuale correlazione di questi ultimi con la patologia in atto, alla luce delle osservazioni scaturite dalla ricerca bibliografica e dallo studio sperimentale eseguito sul preparato anatomico isolato e sui cadaveri.

## **MATERIALE E METODO**

Lo studio si è basato sull'analisi di 12 casi di lussazione rotulea mediale e/o laterale trattati con metodiche chirurgiche differenti, per un totale di 17 arti pelvici esaminati. Sono stati inclusi soltanto i pazienti di cui avevamo a disposizione immagini radiografiche preoperatorie e postoperatorie del femore di buona qualità per esposizione e posizionamento, nonché un follow-up clinico postoperatorio di almeno due mesi. Per semplicità lo studio è stato confinato ai casi in cui era stata esclusa la presenza di deformità importanti a carico di tibia e garretto, che avrebbero richiesto un trattamento correttivo specifico a tale livello.

Le immagini radiografiche degli arti posteriori analizzati sono state fotografate con un apparecchio digitale ed elaborate sul computer mediante un programma di grafica vettoriale, analogamente a quanto effettuato con i radiogrammi del preparato anatomico e degli arti pelvici dei cadaveri.

Per ciascun arto sono stati tracciati, i seguenti assi:

- ✓ *Asse anatomico Symax per il femore;*
- ✓ *Asse anatomico adottato in medicina umana per il femore;*
- ✓ *Asse anatomico di Montavon per il femore;*



- ✓ *Asse intercondiloideo del femore;*
- ✓ *Asse meccanico della tibia;*
- ✓ *Asse articolare prossimale della tibia;*
- ✓ *Asse articolare distale della tibia.*

Si è quindi proceduto al calcolo degli angoli di deviazione femorale e tibiale sul piano sagittale:

- *Angolo di deviazione femorale secondo Symax* (Angolo fra asse anatomico Symax e asse intercondiloideo);
- *Angolo di deviazione femorale adottato in medicina umana* (Angolo fra asse anatomico adottato in medicina umana e asse intercondiloideo);
- *Angolo di deviazione femorale secondo Montavon* (Angolo fra asse anatomico di Montavon e asse intercondiloideo);
- *Mechanical Median Proximal Tibial Angle – mMPTA* (Angolo fra asse meccanico e asse articolare prossimale della tibia);
- *Mechanical Median Distal Tibial Angle – mMDTA* (Angolo fra asse meccanico e asse articolare distale della tibia).

Nei casi in cui è stato eseguito un intervento di osteotomia correttiva, le misurazioni sono state ripetute sulle radiografie postoperatorie.

I dati ottenuti sono stati messi in relazione alla procedura chirurgica adottata per la riduzione della lussazione rotulea e, soprattutto, all'esito dell'intervento.

## **RISULTATI**

La casistica clinica era composta da 12 cani, di sesso, razza e taglia diverse; i soggetti avevano, al momento dell'intervento chirurgico di riduzione della lussazione rotulea, un'età compresa fra gli 8 mesi ed i 5 anni. Sette soggetti sono stati trattati ad un unico arto, mentre i restanti cinque bilateralmente, per un totale di 17 arti pelvici analizzati. Nove arti erano affetti da lussazione rotulea mediale di grado compreso fra il II ed il IV, mentre la lussazione laterale è stata diagnosticata in 6 articolazioni

ed era compresa fra il I ed il IV grado. In 2 casi (caso 5 e 6) è stata riscontrata una abnorme lassità patellare sia medialmente, che lateralmente (Tab. 5.6).

In 11 casi è stata scelta una procedura chirurgica che non prevedeva tecniche di riallineamento del femore, quali la trasposizione della tuberosità tibiale, la solcoplastica o la trasposizione del m. retto femorale; in 6 soggetti trattati si è osservato una recidiva a breve o lungo termine della lussazione rotulea.

Nei restanti 6 casi, trattati successivamente, si è optato per l'esecuzione di una tecnica chirurgica più invasiva, che prevedeva una osteotomia correttiva del femore, con esito positivo in tutti i soggetti. In un caso (caso 16), in seguito ad una recidiva, il soggetto è stato sottoposto ad un secondo intervento, durante il quale è stata eseguita l'osteotomia valgizzante del femore, che ha dato esito favorevole (Tab. 5.7). Nella Tabella 5.8 sono riportati i valori degli angoli di deviazione, rispettivamente, tibiale e femorale riscontrati sui radiogrammi pre-operatori dei casi analizzati; per quanto riguarda i pazienti che sono stati sottoposti ad osteotomia correttiva del femore sono riportati i valori di deviazione femorale ottenuti dopo la chirurgia. Nella medesima tabella sono inoltre segnalati la procedura chirurgica adottata e l'esito della terapia.

Tabella 5.6: Casistica clinica

<i>Caso</i>	<i>Nome</i>	<i>Razza</i>	<i>Sesso</i>	<i>Età all'intervento</i>	<i>Arto</i>	<i>Tipo di lussazione rotulea</i>	<i>Grado di lussazione rotulea</i>
<b>1</b>	<i>Speedy</i>	York-shire	M	9 mesi	sx	<b>Mediale</b>	<b>IV</b>
<b>2</b>	<i>Pippo</i>	York-shire	M	2 anni	dx	<b>Mediale</b>	<b>III</b>
<b>3</b>				3 anni	sx	<b>Mediale</b>	<b>II</b>
<b>4</b>	<i>Rocky</i>	Breton	M	1 anno	dx	<b>Mediale</b>	<b>III</b>
<b>5</b>	<i>Luvi</i>	Barboncino	F	9 mesi	sx	<b>Mediale/Laterale</b>	<b>II</b>
<b>6</b>				1 anno	dx	<b>Mediale/Laterale</b>	<b>I</b>
<b>7</b>	<i>Boccanera</i>	Meticcio	F	10 mesi	dx	<b>Laterale</b>	<b>IV</b>
<b>8</b>	<i>Billy</i>	Segugio	M	4 anni	sx	<b>Laterale</b>	<b>III</b>
<b>9</b>	<i>Lula</i>	Meticcio	F	8 mesi	sx	<b>Laterale</b>	<b>IV</b>
<b>10</b>				11 mesi	dx	<b>Laterale</b>	<b>IV</b>
<b>11</b>	<i>Iggy</i>	Breton	M	1 anno	dx	<b>Mediale</b>	<b>III</b>
<b>12</b>	<i>Pepa</i>	Meticcio	F	3 anni	dx	<b>Laterale</b>	<b>I</b>
<b>13</b>				5 anni	sx	<b>Laterale</b>	<b>III</b>
<b>14</b>	<i>Jack</i>	Meticcio	M	5 anni	dx	<b>Mediale</b>	<b>II</b>
<b>15</b>	<i>Boris</i>	Meticcio	M	2 anni	sx	<b>Mediale</b>	<b>III</b>
<b>16</b>	<i>Chicca</i>	Labrador	F	10 mesi	sx	<b>Mediale</b>	<b>II</b>
<b>17</b>				14 mesi	dx	<b>Mediale</b>	<b>II</b>

Tabella 5.7: Casistica clinica: tipo di lussazione rotulea, tecnica chirurgica e esito dell'intervento

<i><b>Caso</b></i>	<i><b>Tipo di lussazione rotulea</b></i>	<i><b>Tipo di intervento chirurgico</b></i>	<i><b>Esito dell'intervento</b></i>
<b>1</b>	Mediale IV	Osteotomia valgizzante del femore	<b>Positivo</b>
<b>2</b>	Mediale III	Trasposizione laterale tuberosità tibiale Solcoplastica a cuneo	<b>Positivo</b>
<b>3</b>	Mediale II	Trasposizione laterale tuberosità tibiale Solcoplastica en block	<b>Negativo</b>
<b>4</b>	Mediale III	Trasposizione laterale tuberosità tibiale Solcoplastica a cuneo	<b>Negativo</b>
<b>5</b>	Mediale/Laterale II	Solcoplastica a cuneo	<b>Negativo</b>
<b>6</b>	Mediale/Laterale I	Trasposizione laterale tuberosità tibiale	<b>Negativo</b>
<b>7</b>	Laterale IV	Osteotomia varizzante del femore Solcoplastica a cuneo	<b>Positivo</b>
<b>8</b>	Laterale III	Trasposizione mediale tuberosità tibiale	<b>Positivo</b>
<b>9</b>	Laterale IV	Osteotomia varizzante del femore Trasposizione mediale tuberosità tibiale	<b>Positivo</b>
<b>10</b>	Laterale IV	Trasposizione mediale tuberosità tibiale Solcoplastica a cuneo	<b>Positivo</b>
<b>11</b>	Mediale III	Trasposizione laterale tuberosità tibiale Solcoplastica a cuneo Trasposizione m.lo retto femorale	<b>Positivo</b>
<b>12</b>	Laterale I	Solcoplastica a cuneo	<b>Positivo</b>
<b>13</b>	Laterale III	Solcoplastica a cuneo	<b>Negativo</b>
<b>14</b>	Mediale II	Osteotomia valgizzante del femore Solcoplastica a cuneo	<b>Positivo</b>
<b>15</b>	Mediale III	Osteotomia valgizzante del femore	<b>Positivo</b>
<b>16 A</b>	Mediale II	Trasposizione laterale tuberosità tibiale	<b>Negativo</b>
<b>16 B</b>	Mediale III	Osteotomia valgizzante del femore	<b>Positivo</b>
<b>17</b>	Mediale II	Osteotomia valgizzante del femore	<b>Positivo</b>

Tabella 5.8: Valori degli angoli di deviazione in varo/valgo preoperatori dell'epifisi prossimale della tibia e dell'epifisi distale del femore. A destra sono riportati i valori di deviazione femorale ottenuti dopo la chirurgia nei casi in cui è stata eseguita una osteotomia correttiva del femore, la tipologia di intervento chirurgico ("R"= riallineamento mediante osteotomia femorale; "NR"= tecniche chirurgiche che non prevedono osteotomie correttive del femore, quali trasposizione della tuberosità tibiale, solcoplastica o trasposizione del muscolo retto femorale ) e l'esito dello stesso ("+"= esito favorevole; "-" = esito sfavorevole con recidiva della lussazione rotulea a breve lungo termine).

Caso	Deviazione tibiale		Deviazione femorale preoperatoria									Deviazione femorale postoperatoria			Trattamento chirurgico	
			VD standard			Postero-anteriore			"cane seduto" modificata			Postero-anteriore			Tecnica chirurgica	Esito
	aMPTA	aMDTA	Symax	Med. Um	Monta von	Symax	Med. U m.	Montav on	Syma x	Med. Um.	Montav on	Syma x	Med. Um.	Montav on		
1	98,1°	94,3°	11,0°	10,6°	11,6°	17,0°	14,8°	19,0°	10,2°	8,2°	11,4°	3,4°	4,0°	2,9°	R	+
2	100,6°	89,8°				5,4°	4,5°	5,4°							NR	+
3	101,2°	95,9°				11,2°	8,6°	9,8°							NR	-
4	96,8°	98,2°	11,6°	8,8°	15,0°	8,7°	8,8°	8,8°							NR	-
5	94,8°	92,1°				4,4°	3,0°	6,4°							NR	-
6	89,8°	86,5°				8,0°	7,1°	8,6°							NR	-
7	87,5°	94,5°				-12,8°	-11,0°	-15,2°	-3,6°	0,0°	-9,3°	-1,0°	-1,6°	-1,5°	R	+
8	91,2°	95,2°	0,5°	2,6°	1,7°	3,3°	3,1°	5,2°	4,5°	3,9°	6,8°				NR	+
9	86,2°	100,6°	-10,6°	-7,2°	-16,5°							-1,3°	1,5°	-1,3°	R	+
10	94,4°	95,0°	-1,4°	0,8°	-5,6°	-3,3°	-1,1°	-4,6°							NR	+
11	89,0°	87,7°	12,4°	10,7°	17,5°	13,3°	11,7°	17,0°							NR	+
12	89,0°	93,5°	1,5°	1,8°	-0,1°										NR	+
13	90,2°	94,6°	-3,4°	-0,6°	-6,8°										NR	-
14	92,4°	101,4°				14,6°	12,6°	17,1°				-2,3°	-1,5°	-3,2°	R	+
15	91,9°	94,2°	7,1°	6,2°	9,6°	10,7°	9,6°	14,7°	8,9°	9,0°	10,1°	-2,2°	-2,1°	-0,2°	R	+
16 A	93,0°	96,6°				20,0°	17,9°	23,1°							NR	-
16 B	-	-										4,1°	3,6°	2,0°	R	+
17	89,4°	97,6°							19,7°	17,0°	22,0°	6,2°	5,8°	7,0°	R	+

## DISCUSSIONE

La lussazione rotulea può essere considerata la patologia articolare del cane maggiormente influenzata da disturbi dell'allineamento scheletrico dell'arto pelvico, per la stretta connessione esistente fra patella e meccanismo estensore del quadricipite. Per questo motivo abbiamo deciso di rivalutare alcuni dei casi di lussazione di rotula trattati negli ultimi anni presso il Dipartimento di Clinica Veterinaria dell'Università di Pisa, alla luce delle osservazioni scaturite dalle prove fatte nella prima e seconda fase del lavoro. Abbiamo quindi riesaminato i casi che avevano suscitato perplessità o che avevano avuto un esito negativo, focalizzando l'attenzione sulla morfologia scheletrica di femore e tibia, al fine di valutare come quest'ultima possa aver influenzato l'esito favorevole o meno di uno specifico approccio chirurgico. Le osservazioni scaturite dall'analisi dei fallimenti chirurgici ci hanno permesso di adottare nuovi criteri correttivi sui pazienti trattati successivamente.

Il primo problema emerso dalla revisione dei casi è stato la valutazione del materiale radiografico a nostra disposizione, che ha messo in evidenza lacune profonde. Come spesso accade negli studi retrospettivi, purtroppo, molti casi sono stati eliminati per inadeguatezza dell'esame radiografico: spesso le radiografie miravano ad analizzare solo l'articolazione del ginocchio, per cui i parametri non erano idonei allo studio dell'epifisi prossimale del femore mentre, in altri casi, il posizionamento del soggetto non era adeguato, e questo avrebbe falsato i risultati. Questa fase ha sicuramente evidenziato la scarsa attenzione posta finora nella valutazione della struttura scheletrica dell'arto pelvico in toto e nelle problematiche connesse all'equilibrio delle forze statiche e dinamiche che agiscono costantemente sul ginocchio in corso di lussazione rotulea.

Purtroppo, come emerge dalla Tabella 5.8, sono pochi i casi in cui è presente uno studio completo analogo a quello eseguito sui cadaveri nella seconda fase, per cui non è stato possibile fare osservazioni sul confronto fra le diverse proiezioni radiografiche in soggetti patologici.

I valori inerenti alla deviazione tibiale sono risultati per la maggior parte prossimi ai range di riferimento riportati dagli autori in bibliografia<sup>95</sup>, e in nessun

caso abbiamo ritenuto necessario mirare ad un riallineamento scheletrico della tibia stessa.

Per quanto riguarda gli angoli di deviazione anatomica femorale è possibile osservare dei valori tendenzialmente maggiori, sia in varo che in valgo, degli angoli calcolati con la metodica di Montavon, rispetto al metodo Symax o quello proposto in medicina umana; tale disomogeneità risulta più marcata tanto maggiore è la deformità scheletrica presente. Probabilmente tale differenza è dovuta alla maggiore capacità del metodo di Montavon di evidenziare deformità a carico dell'epifisi distale del femore, in virtù del fatto che esso è principalmente espressione della morfologia dell'epifisi prossimale, così come emerso dalle prove eseguite sul preparato osseo isolato. Fanno eccezione soggetti di taglia molto piccola, come i casi 2 e 3: in questi pazienti, infatti, tracciando l'asse anatomico secondo il metodo di Montavon mediante tre segmenti paralleli a distanza di 2 cm l'uno dall'altro, si ottiene una retta piuttosto affine a quelle ottenute con le altre procedure di calcolo, in quanto il punto di repere più distale (il centro del segmento tracciato 2 cm distalmente all'istmo diafisario) si localizza a livello dell'epifisi distale, analogamente a quanto avviene per i metodi Symax e umano. In pazienti di dimensioni ridotte, quindi, probabilmente è necessario apportare delle piccole modifiche alla procedura come, ad esempio ridurre la distanza fra i segmenti paralleli tracciati per descrivere l'asse anatomico, in modo da garantire l'individuazione dei principali punti di repere a carico soltanto dell'epifisi prossimale del femore.

Alla luce di tali osservazioni abbiamo ritenuto i valori di deviazione femorale di Montavon più attendibili ed oggettivi, ed è su di essi che abbiamo basato le considerazioni successive.

Se analizziamo i 12 casi di lussazione rotulea mediale revisionati, se ne distinguono sette che non hanno subito tecniche di riallineamento scheletrico femorale, di cui due con esito favorevole. In un caso (caso 2) le immagini radiografiche evidenziavano una deviazione in varo fisiologica ( $5,4^\circ$ ) (Fig.5.13), mentre nel caso 11 era presente un marcato varismo distale di femore con angoli di deviazione femorale prossimi ai  $17^\circ$ ; l'esito positivo della procedura chirurgica in quest'ultimo esempio è probabilmente da collegarsi al fatto che è stata eseguita comunque una tecnica chirurgica che prevedeva un riallineamento, se non

scheletrico, perlomeno funzionale, di tutto l'arto, quale la trasposizione del muscolo retto femorale. Questo intervento, anche se di per sé non influenza direttamente la morfologia scheletrica, modifica la biomeccanica dell'arto posteriore spostando lateralmente le forze di trazione prossimale sulla rotula; in pratica si ottiene comunque un riallineamento delle forze, che evidentemente in questo caso è stato sufficiente a ripristinare il normale funzionamento dell'arto pelvico.

Nei restanti 5 casi di lussazione rotulea mediale si è verificata una recidiva a breve termine, ed analizzando la struttura scheletrica femorale è stato possibile individuare per 3 di questi casi (caso 3, 4 e 16A) un varismo distale di femore da lieve a marcato, con angoli di deviazione fra  $8,8^\circ$  e ben  $23,1^\circ$ ; in tali condizioni si può ipotizzare che terapie chirurgiche locali, come la solcoplastica, la trasposizione della tuberosità tibiale o l'embricatura del retinacolo laterale, possano non essere state sufficienti a contrastare lo spostamento mediale del meccanismo estensore del muscolo quadricipite indotto, o almeno favorito, della deviazione del femore distale (Fig. 5.12 e 5.18). Per quanto riguarda invece i casi 5 e 6, gli angoli di deviazione femorale calcolati erano di poco superiori ai range fisiologici (rispettivamente  $6,4^\circ$  e  $8,6^\circ$ ). Tali articolazioni, appartenenti al medesimo soggetto, presentavano una abnorme lassità rotulea non solo mediale, ma anche laterale, seppur in misura minore; in questi casi, l'insuccesso terapeutico non sembra essere imputabile a deformità scheletriche, ma deve essere ricercato in meccanismi eziopatogenetici differenti, quali ad esempio una patella troppo alta e/o un'abnorme lassità del legamento tibio-rotuleo.

I casi con lussazione rotulea laterale revisionati sono stati sei, di cui quattro trattati con tecniche chirurgiche articolari e/o periarticolari e due con osteotomia correttiva del femore. I casi del primo gruppo che hanno avuto esito positivo (casi 8, 10 e 12) presentavano angoli di deviazione femorale compresi fra i  $5,6^\circ$  in valgo ( $-5,6^\circ$ ) e i  $6,8^\circ$  in varo (Fig. 5.14); per quanto riguarda il caso 13, in cui si è verificata una recidiva, era presente una deviazione lievemente superiore, cioè di  $6,8^\circ$  in valgo ( $-6,8^\circ$ ), che probabilmente avrebbe richiesto una specifica correzione (Fig. 5.15).

Alla luce di queste prime osservazioni, abbiamo deciso di procedere ad una attenta analisi dell'allineamento scheletrico femorale in tutti i casi di lussazione rotulea a noi pervenuti, ricorrendo a tecniche di riallineamento scheletrico ogni volta

che le misurazioni eseguite mostravano angoli di deviazione anatomica superiori ai range di riferimento riportati in letteratura.

Cinque arti pelvici affetti da lussazione rotulea mediale con angoli di deviazione vara compresi fra i  $9,6^\circ$  ed i  $22,0^\circ$  sono stati sottoposti ad osteotomia valgizzante del femore distale (casi 1, 14, 15, 16B, 17); in tutti i casi, la terapia chirurgica, seppur più invasiva, ha sortito risultati positivi, riportando nel post-operatorio i valori angolari fra i  $-3,2^\circ$  (deviazione i valgo di  $3,2^\circ$ ) e i  $7^\circ$  (Fig. 5.16 e 5.17).

Nei casi 7 e 9 era presente una lussazione rotulea laterale grave, associata a importante deviazione valga del femore (angoli compresi fra i  $-9,3^\circ$  ed i  $-16,5^\circ$ ); la patologia è stata trattata con successo mediante osteotomia varizzante. Le radiografie post-operatorie mostrano angoli di deviazione femorale compresi fra i  $-1,3^\circ$  ed i  $-1,5^\circ$  in valgo (Fig. 5.19).





Figura 5.12: Caso clinico 3 (*Pippo*). Arto sinistro: l'angolo di deviazione femorale era leggermente superiore ai limiti fisiologici ( $9,8^\circ$ ). Forse un riallineamento femorale avrebbe potuto giovare alla terapia chirurgica.



Figura 5.13 : Caso clinico 2 (*Pippo*). Arto destro: l'angolo di deviazione anatomico era nei range fisiologici. La chirurgia, senza osteotomia, ha avuto esito positivo.



Figura 5.14: Caso clinico 12 (*Pepa*). Arto destro: lussazione laterale di I grado in assenza di deviazioni femorali importanti, trattata con successo mediante tecniche classiche.



Figura 5.15 : Caso clinico 13 (*Pepa*). Arto sinistra: lussazione rotulea di III grado associata a valgismo patologico del femore (Angolo di deviazione anatomica di  $-6,8^\circ$ ).



Figura 5.16: Caso clinico 15 (*Boris*). Lussazione mediale di III grado con angolo di deviazione femorale patologico. In questo caso, è stata eseguita una chirurgia correttiva.



Figura 5.17 : Caso clinico 15 (*Boris*). Controllo post-operatorio: l'osteotomia valgizzante del femore distale ha riportato l'angolo di deviazione anatomica nei range fisiologici, garantendo il successo della terapia.



Figura 5.18: Caso clinico 4 (*Rocky*). E' presente un grave varismo del femore distale. Le tecniche chirurgiche convenzionali non sono state sufficienti a correggere la patologia; probabilmente in questo caso era necessario mirare ad un riallineamento scheletrico del femore.



Figura 5.19 : Caso clinico 7 (*Boccanera*). Lussazione rotulea laterale con grave valgismo femorale. La scelta di una chirurgia invasiva con osteotomia varizzante del femore ha dato risultati positivi.

## **DISCUSSIONE**

La revisione della letteratura degli ultimi anni in materia di allineamento dell'arto posteriore del cane rivela un cambiamento radicale nel modo di inquadrare alcune delle patologie "storiche" della specie canina.

La displasia dell'anca, la rottura del legamento crociato anteriore, la lussazione rotulea erano da sempre state considerate come patologie a sé stanti, la cui terapia era focalizzata sul trattamento delle singole alterazioni evidenti a carico dell'articolazione colpita.

L'avvento delle nuove concezioni di biomeccanica attiva dell'arto posteriore partite da Slocum B. all'inizio degli anni ottanta hanno innescato una cascata di innovazioni ed una netta inversione di tendenza nel modo di valutare e trattare queste patologie. Anca, ginocchio e garretto non sono entità indipendenti, ma sono incluse in un complesso sistema di forze che concorrono a garantire un corretto funzionamento dell'intero arto pelvico. Di conseguenza, ogni patologia che colpisce uno di tali distretti può essere vista come una rottura di questo complesso e fine meccanismo: ecco perché la displasia d'anca può essere alla base di una lussazione rotulea o di un'OCD di ginocchio, un arto iperesteso può favorire la rottura del LCA, la lussazione rotulea può indurre incompetenza del LCA, così come l'esatto contrario.

E' quindi fondamentale, di fronte alle singole patologie ortopediche, eseguire una attenta valutazione di tutto l'arto pelvico, al fine di stabilire con precisione l'esatto meccanismo eziopatogenetico alla base del disturbo che ci troviamo a trattare, ed impostare un adeguato "planning" chirurgico. Questo è particolarmente importante quando il distretto colpito è il ginocchio: tale articolazione, infatti, per la sua posizione intermedia fra anca e garretto, risente maggiormente di alterazioni scheletriche e squilibri di forze a carico del meccanismo estensore del quadricipite.

Prima di procedere con una qualsiasi terapia chirurgica deve essere valutato attentamente l'allineamento sia scheletrico, che desmo-muscolo-tendineo dell'intero arto pelvico<sup>66,67</sup>: il soggetto deve essere osservato durante la stazione e la deambulazione, il meccanismo del muscolo quadricipite deve essere ispezionato con animale vigile e sedato, il femore e la tibia devono essere sottoposti a studio

radiografico dettagliato, al fine di individuare le alterazioni morfo-funzionali che scatenano, o almeno favoriscono, la patologia in atto.

Le principali problematiche si osservano nello studio della morfologia scheletrica dell'arto pelvico. Numerose sono state le metodiche diagnostiche proposte da altrettanti innumerevoli autori nel corso degli anni, senza però che nessuna di esse ricevesse il consenso univoco della medicina veterinaria.

Le cause sono da ricercarsi probabilmente in oggettive difficoltà nella procedura diagnostica: i soggetti devono essere sedati, a differenza di quanto avviene in medicina umana, per ottenere immagini radiografiche di buona qualità, per cui non è possibile valutare le strutture scheletriche durante il carico, e prendere in considerazione parametri importanti, come la forza peso e l'azione delle masse muscolari sulla base scheletrica. Inoltre, è spesso difficile ottenere un posizionamento del paziente tale da eliminare, o almeno ridurre al minimo, artefatti in grado di indurre in errori diagnostici; e questo è particolarmente accentuato nel femore, in quanto, a causa delle masse muscolari che lo circondano, può essere talvolta difficile garantire il parallelismo fra struttura ossea e cassetta radiografica. Un'altro grande problema in cui ci imbattiamo se vogliamo stabilire il corretto allineamento di un arto pelvico di cane è l'enorme dimorfismo intraspecifico: mancano misurazioni inter-razziali ed è presente una notevole variabilità individuale, oltre che di razza<sup>67</sup>. Questo è facilmente intuibile se pensiamo ad esempio ad un Bulldog inglese, il cui allineamento scheletrico è sicuramente discutibile, ma non necessariamente patologico.

Tali difficoltà esitano in metodi di valutazione dei segmenti scheletrici differenti, che portano necessariamente ad indici di deformità angolare diversi fra loro e spesso discutibili.

In particolare, è il femore il segmento scheletrico in cui la revisione bibliografica ha mostrato le maggiori discordanze fra gli autori. Innanzitutto, la sua forma irregolare e la sua peculiare posizione nello spazio rende difficoltosa una buona proiezione dello stesso su immagini radiografiche bidimensionali. Infatti, manca un vero piano articolare prossimale, e collo e testa femorali sono orientati su un piano diverso rispetto alla restante parte dell'osso; inoltre, il femore presenta una torsione fisiologica, di difficile definizione con semplici immagini radiografiche, e masse

muscolari di dimensioni differenti, che ostacolano un corretto posizionamento dell'arto durante lo studio<sup>95</sup>. L'altro grande problema connesso allo studio del femore è la mancanza di chiari punti di repere prossimali per il controllo del posizionamento dell'animale: fatta eccezione per il piccolo trocantere, tutti i riferimenti riportati in letteratura sono a carico del distretto distale del femore. Visto che l'epifisi distale è anche il comparto più frequentemente affetto da patologie scheletriche, capita spesso che vengano meno i repere utilizzati normalmente per valutare il corretto posizionamento.

La proposta di alcuni autori di focalizzare l'attenzione sulla morfologia complessiva dell'epifisi prossimale e distale, piuttosto che su singoli elementi, come rotula o fabelle, è sicuramente condivisibile, ma richiede un'ampia esperienza e conoscenza della morfologia femorale da parte dell'operatore per ridurre al minimo i potenziali errori di interpretazione<sup>67</sup>.

Le difficoltà suddette si traducono in una notevole disomogeneità di metodiche e criteri interpretativi per la valutazione della morfologia femorale; nel corso degli anni sono stati proposti diversi parametri e procedure di misurazione per l'individuazione di deformità scheletriche, più volte ripresi e abbandonati dai vari autori. Attualmente, la letteratura offre protocolli incompleti, che suggeriscono criteri interpretativi e range di riferimento talvolta molto differenti fra loro; l'esigenza di protocolli diagnostici ed interpretativi chiari ed oggettivi si fa sempre più marcata ed è conclamata dalla crescente attenzione delle riviste di aggiornamento scientifico e dei principali congressi nazionali ed internazionali nei confronti di questa tematica.

Nel nostro lavoro, abbiamo focalizzato l'attenzione sullo studio del femore, con l'obiettivo di confrontare i principali metodi di misurazione e le proiezioni radiografiche proposti in letteratura per lo studio dell'allineamento del femore, dal punto di vista della semplicità di esecuzione, dell'oggettività e naturalmente dell'attendibilità dei valori ottenuti.

I parametri che, a nostro parere, sono fondamentali per una prima analisi morfologica del femore, sono gli indici di deviazione dell'epifisi distale del femore, e gli angoli di inclinazione e di anterversione per quanto riguarda l'epifisi prossimale.

Le difficoltà riscontrate nel calcolo dell'angolo di deviazione femorale sono attribuibili alla scelta del metodo migliore per l'individuazione dell'asse anatomico

del femore. Dalla nostra esperienza è emerso che il metodo utilizzato in medicina umana è molto soggettivo e suscettibile di errori per la presenza di punti di repere poco chiari. Per quanto riguarda le restanti procedure, il metodo Symax presenta maggiore semplicità e rapidità di esecuzione; però, le prove eseguite sul preparato osseo isolato hanno rilevato una scarsa attendibilità in corso di deviazioni angolari, anche se purtroppo, per esiguità della casistica clinica, non è stato possibile confermare tale osservazione direttamente sui soggetti affetti da deformazioni ossee. I valori ottenuti con il metodo di Montavon hanno mostrato maggiore affinità con le deviazioni reali dell'osso, probabilmente perché l'asse individuato è espressione della porzione prossimale del femore e quindi scarsamente influenzato dalla conformazione dell'epifisi distale; inoltre, la metodica, basandosi su punti di repere facilmente individuabili sia su preparato isolato, che sui pazienti analizzati, si è rivelata di facile esecuzione ed oggettiva.

Per quanto riguarda l'angolo d'inclinazione permangono alla fine del nostro studio molte perplessità. I due metodi forniti da Hauptman si sono rivelati scarsamente attendibili, perché basati su punti di repere difficilmente individuabili, soprattutto in soggetti che presentano alterazioni degenerative a carico dell'articolazione coxo-femorale. Maggiore affidabilità mostrano, invece, il metodo Symax ed il metodo di Montavon, pur presentando valori molto diversi fra di loro. Le prove eseguite sia sul preparato osseo, che sui cadaveri hanno dato risultati simili e conformi con i dati riportati in letteratura: il primo metodo fornisce angoli compresi fra  $120^{\circ}$  e  $130^{\circ}$ , a differenza del metodo di Montavon in cui i valori fisiologici sembrano essere compresi fra  $140^{\circ}$  e  $150^{\circ}$ . Come supposto già da Rumph P.F. e Hathcock J.T. nel 1990, tale differenza è probabilmente attribuibile al fatto che le procedure si basano su punti di riferimento diversi e riflettono assi diversi: il metodo Symax si basa sull'asse "funzionale" del collo, mentre Montavon individua l'asse cervicale "anatomico"<sup>79</sup>. A nostro parere, entrambe le metodiche possono essere utilizzate per il calcolo dell'angolo di inclinazione, tenendo però ben presenti i diversi range di riferimento forniti dalle due procedure di calcolo; il metodo Symax si rivela ancora una volta vantaggioso per semplicità e rapidità di esecuzione, nonostante anche il metodo di Montavon non abbia destato particolari difficoltà.

L'ultimo parametro da noi preso in considerazione nello studio del femore è l'angolo di anteroversione, uno fra gli argomenti più dibattuti anche in medicina veterinaria, soprattutto in seguito alla crescente diffusione degli interventi di protesizzazione a carico dell'anca. Così come riportato in letteratura, il metodo diretto è risultato di difficile esecuzione già sui segmenti ossei isolati e notevolmente influenzabile da errori di posizionamento. Il metodo indiretto di Montavon, invece, oltre a rivelarsi affidabile nei risultati, non ha mostrato particolari difficoltà esecutive; le proiezioni radiografiche utilizzate sono facilmente eseguibili, non sono necessarie immagini aggiuntive ed i punti di repere sono generalmente ben individuabili. Uniche eccezioni sono i casi in cui è presente un'importante modificazione degenerativa a carico di testa e collo femorali, oppure quando siamo di fronte ad una marcata retroversione: in quest'ultimo caso, si assiste alla sovrapposizione della testa femorale e del grande trocantere nella proiezione radiografica medio-laterale, con conseguente perdita dei punti di repere necessari per le misurazioni.

Nella seconda fase del lavoro ci siamo focalizzati sul confronto fra le proiezioni radiografiche proposte da diversi autori per lo studio frontale del femore, con l'obiettivo di individuare eventuali differenze importanti ai fini di un "planning" chirurgico, per quanto riguarda facilità di esecuzione e correlazione con la reale morfologia ossea e le deformità presenti.

Proiezione ventro-dorsale standard, proiezione a "cane seduto" e proiezione postero-anteriore "perfette" di otto arti pelvici di cane sono state confrontate con radiogrammi del corrispondente femore, scheletrizzato in modo tale da facilitarne il posizionamento e ridurre al minimo distorsioni ed artefatti radiografici; i parametri considerati sono quelli trattati precedentemente (angolo di deviazione anatomica, angolo d'inclinazione e angolo di anteroversione).

Dall'elaborazione dei dati ottenuti non emergono differenze statisticamente significative fra le varie proiezioni radiografiche: quindi, possiamo affermare che, se eseguiamo proiezioni cranio-caudali o caudo-craniali del femore "perfette", le distorsioni radiografiche, indotte da un minore parallelismo fra cassetta e struttura ossea da analizzare, sono minime.

Nonostante ciò, è possibile fare alcune osservazioni importanti ai fini pratici.

La proiezione ventro-dorsale della pelvi è di facile esecuzione e presenta una elevata attendibilità per lo studio sia dell'epifisi prossimale, che dell'epifisi distale del femore.

La proiezione a “cane seduto”, da noi modificata mediante l'impiego di un supporto specifico, presenta non poche difficoltà: il posizionamento dell'animale è più complesso, è necessario l'adeguato supporto e un apparecchio radiologico che consenta l'inclinazione del fascio radiogeno. Se poi prendiamo in considerazione la metodica originale proposta in bibliografia dai diversi autori<sup>43,48,63,84</sup>, anch'essa presenta qualche difficoltà: il posizionamento non è agevole in soggetti di grossa mole, ed implica sempre l'esposizione di due operatori alle radiazioni, uno per sostenere il cane, l'altro per intraruotare ed estendere gli arti posteriori. Inoltre, se osserviamo i risultati ottenuti dalle misurazioni, tale proiezione consente una buona valutazione soltanto dell'epifisi distale del femore, mentre non è indicata per lo studio di collo e testa femorale perché induce maggiori distorsioni radiografiche a carico dell'epifisi prossimale. La proiezione a “cane seduto” resta comunque fondamentale, a nostro parere, in quei soggetti in cui abbiamo una diminuita capacità di estensione degli arti pelvici: in pazienti affetti da coxartrosi o particolarmente muscolosi, infatti, è talvolta impossibile ottenere una proiezione ventro-dorsale idonea senza distorsioni marcate a carico dell'epifisi distale del femore.

La proiezione postero-anteriore del femore ha il vantaggio di fornire una visione complessiva dell'arto e di consentire anche lo studio della tibia sul medesimo radiogramma; in cani di taglia grande è talvolta difficile includere tutto l'arto nella cassetta radiografica e garantire una buona esposizione di tutta la struttura scheletrica senza l'ausilio di schermi in alluminio. Se consideriamo le misurazioni effettuate, la proiezione caudo-craniale mostra una ottima affidabilità nella valutazione dell'epifisi prossimale del femore; per quanto riguarda l'epifisi distale, presenta sempre una buona correlazione con la morfologia reale dell'osso, seppur in misura leggermente inferiore rispetto alle proiezioni cranio-caudali.

Nell'ultima fase del nostro lavoro abbiamo voluto rivalutare, alla luce delle osservazioni emerse della ricerca bibliografica e dalle prove eseguite sul preparato osseo isolato e sui cadaveri, alcuni casi clinici caratterizzati da patologie correlabili a difetti di allineamento dell'arto posteriore. La nostra attenzione è stata indirizzata su



pazienti affetti da lussazione rotulea, patologia al centro di dibattiti accesi fra gli ortopedici veterinari: da sempre considerata “patologia del ginocchio” e trattata con tecniche che agivano a livello periarticolare, è stata recentemente rivalutata ed inquadrata come espressione di uno squilibrio di tutto l’arto.

Sulla base delle nostre osservazioni, possiamo affermare che nella patogenesi di questa alterazione vanno sempre considerati i possibili difetti di allineamento, come fattori predisponenti o anche di per sé determinanti, e la loro valutazione è fondamentale per l’impostazione di una corretta procedura terapeutica. Così come emerge anche dalle recenti pubblicazioni, qualsiasi correzione chirurgica delle patologie dell’articolazione del ginocchio (ad esempio solcoplastica, trasposizione della tuberosità tibiale...) deve essere effettuata soltanto dopo aver individuato e corretto tutte le eventuali deformazioni angolari e torsionali presenti a carico degli arti mediante osteotomie correttive, in modo da ottenere prima un corretto riallineamento complessivo dell’arto<sup>11</sup>.

Abbiamo riesaminato gli interventi di riduzione della lussazione rotulea cercando di individuare la presenza di difetti di allineamento in grado di causare, o anche soltanto favorire, la patologia in atto.

Come spesso accade negli studi retrospettivi di una casistica clinica, molti sono stati i casi non utilizzabili per carenza di materiale radiografico idoneo: infatti, fino ad ora, la nostra attenzione era indirizzata soltanto all’articolazione femoro-tibio-rotulea, mentre ponevamo in secondo piano la valutazione della struttura scheletrica dell’arto pelvico in toto e le problematiche connesse all’equilibrio delle forze statiche e dinamiche che agiscono costantemente sul ginocchio in corso di lussazione rotulea. Inoltre, erano pochi i casi in cui era presente uno studio completo analogo a quello eseguito sui cadaveri nella seconda fase del lavoro, per cui non è stato possibile fare osservazioni sul confronto fra le diverse proiezioni radiografiche in soggetti patologici.

Dai dati ottenuti emerge l’importanza di una adeguata valutazione del grado di deviazione femorale nel “planning” chirurgico di qualsiasi paziente affetto da lussazione rotulea, ed il metodo di Montavon per l’individuazione dell’asse anatomico si è rilevato ancora una volta il più attendibile.

In soggetti in cui è presente una marcata deviazione angolare dell'epifisi distale del femore in varo o in valgo è risultato fondamentale, per una buona riuscita della terapia chirurgica, eseguire tecniche che prevedono il ripristino del corretto riallineamento di tutto il meccanismo estensore dell'arto. Le osteotomie correttive sono state le procedure chirurgiche di elezione negli ultimi pazienti con marcate deviazioni scheletriche da noi trattati e, come più volte riportato anche in letteratura, hanno contribuito all'esito favorevole della chirurgia, riducendo così il rischio di recidive a breve e lungo termine<sup>5</sup>.

Purtroppo i casi in nostro possesso sono pochi per poter parlare di range di riferimento, anche se concordiamo con quanto affermato da Lozier S. nel 2004: le modificazioni e lo stress a carico dei tessuti periarticolari è trascurabile per deviazioni scheletriche entro i 5° dai limiti di normalità, moderata per deformità ossee di circa 5-10°, ed è invece marcata quando i gradi di deviazione femorale superano i 15° rispetto ai valori fisiologici<sup>45</sup>. In questi ultimi casi, è indispensabile, per ottenere la completa remissione della patologia, provvedere al ripristino del corretto allineamento complessivo dell'arto, mediante osteotomie correttive.

Il riallineamento scheletrico, nella maggior parte dei casi, è l'obiettivo principe della chirurgia qualora vengano individuate alterazioni ossee clinicamente significative; non bisogna però dimenticare che la struttura scheletrica è soltanto una delle componenti che entrano in gioco nello svolgimento delle normali funzioni dell'arto posteriore. Le singole componenti ossee sono costantemente sottoposte all'azione di muscoli, tendini e legamenti, che possono alterarne i rapporti ed indurre patologie, anche nei casi in cui è presente una conformazione scheletrica adeguata.

In corso di patologie dell'arto posteriore del cane, in particolare nella lussazione rotulea, l'arto deve, quindi, essere valutato nella sua complessità ed la terapia deve mirare al raggiungimento di un corretto allineamento, sia scheletrico, che desmo-muscolo-tendineo di tutto l'arto pelvico.

## **CONCLUSIONI**

Le principali patologie dell'arto posteriore del cane sono state rivalutate negli ultimi decenni secondo una prospettiva nuova, che tende ad inglobarle in un complesso meccanismo di forze statiche e dinamiche che agiscono sull'intero arto pelvico durante la stazione e la deambulazione. La rottura dell'equilibrio fra componenti scheletrica, muscolare, tendinea e legamentosa sembra essere alla base dell'insorgenza di molte patologie "storiche" del cane, come la displasia d'anca, l'incompetenza del legamento crociato anteriore e la lussazione rotulea.

E' fondamentale inquadrare ogni singola patologia all'interno del complesso meccanismo di forze che regolano la funzionalità dell'intero arto, e quindi valutarne la struttura nella sua interezza.

Al fine di individuare eventuali deformità scheletriche, l'arto pelvico deve essere sottoposto ad accurato studio radiografico, composto da radiografie di ottima qualità, sia per esposizione, che per posizionamento.

Lo studio deve includere proiezioni frontali e sagittali dei principali segmenti ossei. La tibia può essere adeguatamente analizzata mediante proiezioni caudo-craniale e medio-laterale, così come riportato in letteratura. Per quanto riguarda il femore, a nostro parere, la proiezione ventro-dorsale standard della pelvi per il controllo della displasia d'anca si conferma essere la più idonea per semplicità di esecuzione e affidabilità. La proiezione postero-anteriore può anch'essa essere utilizzata per lo studio frontale del femore; la proiezione a "cane seduto" resta una valida alternativa nei casi in cui risulta impossibile una buona estensione degli arti, ma le maggiori difficoltà esecutive ne precludono l'impiego costante. La proiezione medio-laterale classica fornisce una buona visione sagittale del femore.

L'analisi delle immagini radiografiche, eseguibile mediante sistema informatico o manualmente su carta lucida, deve comprendere l'individuazione di diversi parametri. A livello della tibia, la letteratura consiglia il calcolo degli angoli meccanici mediali prossimali e distali (mMPTA e mMDTA) per la valutazione delle deviazioni assiali, ed dell'angolo di inclinazione del plateau tibiale in casi di sospetta incompetenza del legamento crociato craniale. Per quanto riguarda il femore, a nostro parere, i parametri minimi per una adeguata valutazione morfologica sono:

l'angolo di deviazione femorale, mediante l'impiego del metodo di Montavon per l'individuazione dell'asse anatomico; l'angolo di inclinazione, secondo il metodo Symax o il metodo di Montavon; l'angolo di anterversione, calcolato utilizzando il metodo biplanare.

Nella patogenesi di molte patologie dell'arto posteriore del cane andrebbero sempre considerati possibili difetti di allineamento, come fattori predisponenti, o anche di per sé determinanti, per cui la loro individuazione è importante per l'impostazione di una corretta procedura terapeutica chirurgica. In particolare in corso di lussazione rotulea, la valutazione morfologica di femore e tibia è fondamentale per improntare la terapia più idonea; non bisogna però trascurare l'influenza di muscoli, tendini e legamenti sulla funzionalità di ogni singola articolazione, nonché dell'intero arto pelvico. Il successo della procedura chirurgica, infatti, può essere garantito solo dall'attenta individuazione e trattamento di tutte le alterazioni scheletriche e/o dei tessuti molli presenti.

I range fisiologici e patologici riportati in letteratura costituiscono un valido riferimento per la scelta della tecnica da adottare in caso di lussazione rotulea, anche se probabilmente devono essere interpretati con elasticità ed correlati alle peculiarità morfo-funzionali dei soggetti in esame, soprattutto in relazione alle specifiche caratteristiche razziali ed individuali.

## BIBLIOGRAFIA

1. Anderson J.Y., Trinkaus E.: Patterns of sexual, bilateral and interpopulational variation in human femoral neck-shaft angles. *J. Anat.*, 1998, 192, 279-285
2. Apelt D., Kowaleski M.P., Dyce J.: Comparison of Computer Tomographic and Standard Radiographic Determination of Tibial Torsion in the Dog. *Veterinary Surgery*, 2005, 34:5, 457-462
3. Arnoczky S.P.: Meccanica patologica dei traumi a carico dei legamenti crociati e dei menischi. In Bojrab M.J.: *Le Basi Patogenetiche delle Malattie Chirurgiche nei Piccoli Animali*, Gilardi (Ed), 2001, 1023-1038
4. Arnoczky S.P., Marshall J.L.: The cruciate ligaments of the canine stifle: an anatomical and functional analysis. *Am J Vet Res*, 38:11, 1977, 1807-1814
5. Arthurs G.I., Langley-Hobbs S.J.: Complications Associated with Corrective Surgery for Patellar Luxation in 109 Dogs. *Vet Surg*, 2006, 35, 559-566
6. Ballatori C., Modenato M., Sbrana S.: Comparison of throclear block recession and throclear wedge recession in four dogs with bilateral patellar luxation. *Annali della Facoltà di Medicina Veterinaria di Pisa*, Volume LVIII, 2005, 295-304
7. Bardet J.F., Rudy, R.L., Hohn R.B.: Measurement of Femoral Torsion in Dogs Using a Biplanar Method. *Veterinary Surgery*, 1983, 12:1, 1-6
8. Barone R.: *Anatomia comparata dei mammiferi domestici*. Ed agricole, Vol.1,1983
9. Boemo C.M.: Test specifici di valutazione delle lesioni tarsali. In Bojrab M.J., Ellison G.W., Slocum B.: *Tecnica chirurgica – Chirurgia ortopedico-traumatologica: rachide, scheletro appendicolare*. Utet (Ed), 2004, 1187-1196
10. Bojrab MJ, Ellison GW, Slocum B: *Tecnica chirurgica - Chirurgia ortopedico-traumatologica: rachide, scheletro appendicolare*, Vol. 2, Utet (Ed), 2004

11. Boudrieau R.: Correzione delle deformità dell'arto posteriore. 38° Congresso Nazionale SCIVAC, 109-110
12. Boudrieau R.J.: Fractures of the Tibia and Fibula. In Slatter D.: Textbook of Small Animal Surgery, Saunders Ed. (Third Edition), 2003, 2144-2157
13. Bramlage L.R.: The science and art of angular limb deformity correction. Equine Veterinary Journal, 1999, 31:3, 182-183
14. Brinker W.O., Piermattei D., Flo G.: Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Treatment. Philadelphia, WB Saunders, 1983
15. Brueker K.A.: Femoral corrective osteotomy for the treatment of medial patellar luxation – surgical technique. 13th ESVOT Congress, Monaco, 7-10 Settembre 2006, 34
16. Brunnberg L.: La Diagnosi di Zoppicatura nel Cane. Gilardi Ed., 2002, 166-167
17. Canepa G., Stella G.: Deformità degli infanti e degli adolescenti. In Canepa G., Stella G., Trattato di ortopedia pediatrica., Vol. III, 2002, Piccin (Ed), 1774-1843
18. Caylor K.B., Zumparo K.B., Evans L.M., Moore R.W.: Intra- and Interobserver Measurement Variability of Tibial Plateau Slope From Lateral Radiographs in Dogs. J. Am. Anim. Hosp. Assoc., 2001, 37, 263-268
19. Cook J.L.: Forelimb lameness in the young patient. Vet Clin North Am Small Anim Pract, 2001, 31:1, 55-83
20. Crovace A., Di Bello A., Meomartino L.: L'arto pelvico dei piccoli animali. In Bertoni G., Brunetti A., Pozzi L., Radiologia veterinaria, Idelson-Gnocchi, 2005, 143-156
21. Di Giancamillo M., Lombardo R., Mortellaro C.M., Leonardi L.: Malformazioni carsiche associate a extrarotazione del piede nel cane: segnalazione di due casi clinici. Archivio Veterinario Italiano, 1994, 45:6, 271-279
22. Dyce J., Wisner E.R., Schrader S.C., Wang Q., Olmstead M.L.: Radiographic Evaluation of Acetabular Component Position in Dogs. Veterinary Surgery, 2001, 30, 28-39
23. Ferretti A.: Management of angular deformities of the canine limb with the Ilizarov Method. 10th ESVOT Congress, Monaco, 23-26 Marzo 2000, 55-58

24. Fettig A.A., Rand W.M., Sato A.F., Solano M., McCarthy R.J., Boudrieau R.J.: Observer Variability of Tibial Plateau Slope Measurement in 40 Dogs With Cranial Cruciate Ligament – Deficient Stifle Joints. *Veterinary Surgery*, 2003, 32, 471-478
25. Fossum T.W.: Fondamenti di chirurgia ortopedica e di trattamento delle fratture. In *Chirurgia dei Piccoli Animali*, 2 Ed., Masson (Ed), 2004
26. Fox D.B., Tomlinson J.L., Cook J.L., Breshears L.M.: Principles of Uniapical and Biapical Radial Deformity Correction Using Dome Osteotomies and the Center of Rotation of Angulation Methodology in Dogs. *Veterinary Surgery*, 2006, 35, 67-77
27. Frame M.E., Breit S., Mayrhofer E.: The canine trochanteric fossa: a radiographic and anatomic study. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 2001,42:4, 297-304
28. Gemmi Simona: L'approccio diagnostico alle deviazioni dell'arto pelvico nel cane: impostazione di un protocollo clinico-radiografico. Tesi di laurea-Università degli studi di Parma- Facoltà di medicina veterinaria- Anno Accademico 2001-2002
29. Harrysson O.L.A., Cormier D.R., Marcellin-Little D.J.: Rapid prototyping for treatment of canine limb deformities. *www.emeraldinsight.com*
30. Hauptman J.: Articolazione dell'anca. In Slatter DH: *Trattato di chirurgia dei piccoli animali*, SMB (Ed), 1990, 2153-2160
31. Hauptman J., Prieur W.D., Butler H.C., Guffy M.M.: The angle of inclination of the canine femoral head and neck. *Veterinary Surgery*, 1979, 8, 74-78
32. Hecht S., Löer B., Matis U.: The use of computer tomography (CT) in the assessment of torsional and rotational deformities of the canine hind limb. 10th Congresso ESVOT, Monaco, 23-26 Marzo 2000, 54
33. Henderson R., Milton J.: The tibial compression mechanism: a diagnostic aid in stifle injuries. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.*, 14, 474
34. Hulse D.A., Shire P.K.: Articolazione femoro-tibio-rotulea. In Slatter DH: *Trattato di chirurgia dei piccoli animali*, SMB (Ed), 1990, 2193-2235
36. Hulse D.A.: Pathophysiology and management of medial patellar luxation in the dog. *Veterinary Medicine Small Animal Clinician*, 1981, 43-51

37. Janssens L., Béosier Y., Vanden Brom W.: Patellar erosions in congenital medial patellar luxation in the dog. 13th ESVOT Congress, Monaco, 7-10 Settembre 2006, 74-75
38. Jevens D.J., DeCamp C.E.: Bilateral distal fibular growth abnormalities in a dog. JAVMA, 1993, 202:3, 421-422
39. Johnson S.G., Hulse D.A., Vangundy T. E., Green R.W.: Corrective osteotomy for pes varus in the Dachshund. Veterinary Surgery, 1989, 18:5, 373-379
40. Kaiser S., Cornely D., Golder W., Garner M.T., Waibl H., Brunnberg L.: Magnetic Resonance Measurements of the Deviation of the Angle of Force Generated by Contraction of the Quadriceps Muscle in Dogs With Congenital Patellar Luxation. Veterinary Surgery, 2001, 30, 552-558
41. Kaiser S., Cornely D., Golder W., Garner M.T., Wolf K.J., Waibl H., Brunnberg L.: The correlation of canine patellar luxation and the anteversion angle as measured using magnetic resonance images. Veterinary Radiology & Ultrasound, 2001, 42:2, 113-118
42. Koch D.A.: La lussazione della rotula: biomeccanica e nuovo protocollo diagnostico. 46° Congresso Nazionale SCIVAC, Milano, 2002, 103-104
43. Kowaleski M.P.: Patellar luxation - Preoperative evaluation and surgical planning for femoral corrective osteotomy. 13th ESVOT Congress, Monaco, 7-10 Settembre 2006, 87-90
44. Krackow K.A.: The technique of total knee arthroplasty. Mosby Edizioni, St.Louis, 1990
45. Lozier S.: Limb alignment in dogs with cranial cruciate ligament injury. 12th ESVOT Congress, Monaco, 10-12th Settembre 2004, 78-79
46. Lozier S.M.: Proximal tibial alignment for correction of patellar luxation. 13th ESVOT Congress, Monaco, 7-10 Settembre 2006, 101-103
47. Marcellin-Little D.J.: Radiographic assessment of the tibial plateau slope in dogs. 12th ESVOT Congress, Monaco, 10-12th Settembre 2004, 107-110
48. Martini F.M., Marmioli M., Gemmi S.: Approccio diagnostico alle deviazioni dell'arto pelvico nel cane. XI congresso nazionale SICV, 10-12 giugno 2004, 87-90



49. Matis U., Löer B.: Improving our understanding of patellar luxation. 13th Congress ESVOT, Monaco, 7-10 Settembre 2006
50. Millis DL, Riegger-Krugh C, Weigel JP.: Canine Anatomy. In Millis DL, Levine D, Taylor RA: Canine Rehabilitation Physical Therapy, Elsevier (Ed), 2004, 39-99
51. Modenato M., Borghetti L., Ballatori C., Romeo T.: Tibial tuberosity advancement (TTA) as a possibile solution to the cranial cruciate ligament rupture in the dog. *Annali della Facoltà di Medicina Veterinaria di Pisa*, Volume LVIII, 2005, 253-262
52. Modenato M., Borghetti L., Romeo T., Ballatori C., Perri A.: Esperienza personale su interventi di “Tibial Plateau Leveling Osteotomy” per la stabilizzazione del ginocchio con deficienza del legamento crociato anteriore nel cane. *Annali della Facoltà di Medicina Veterinaria di Pisa*, Volume LVII, 2004, 59-66
53. Montavon P.M., Hohn R.B., Olmstead M.L. Et Al.: Inclination And Anteversion Angles Of The Femoral Head And Neck In The Dog: Evaluation Of Standard Method Of Measurement. *Veterinary Surgery*, 1985, 14:4, 277-282
54. Moses P.A.: Alternative surgical methods for treating juvenile canine hip dysplasia. *Aust Vet J*, 2000, 78:12, 822-824
55. Nikel R., Schummer A., Seiferle E.: Articolazione del ginocchio. In *Trattato di anatomia degli animali domestici*, Vol.1, 1984, 236-241
56. Nunamaker D.M.: Patellar Luxation. [www.ivis.org/special\\_books/ortho/chapter\\_81/81mast.asp](http://www.ivis.org/special_books/ortho/chapter_81/81mast.asp)
57. Nunamaker D.M., Biery D.N., Newton C.D.: Femoral Neck Anteversion in the Dog: Its Radiographic Measurement. *Am J Vet Rad*, 1973, 14, 45-48
58. Olmstead ML.: Lussazione laterale della rotula. In Bojrab M.J.: *Le Basi Patogenetiche delle Malattie Chirurgiche nei Piccoli Animali*, Gilardi (Ed), 2001, 1089-1092
59. Paatsama S.: Ligament injuries of the canine stifle joint: a clinical and experimental study. MSc thesis, Helsinki University, Helsinki, Finland, 1952
60. Paley D., Herzenberg J.E., Testworth K., McKie J., Bhav A.: Deformity planning for frontal and sagittal plane corrective osteotomies. *Orthopedic Clinics of North America*, 1994, 25:3, 425-465

61. Palierne S., Asimus E., Mathon D., Meynaud-Collard P., Autefage A.: Geometric Analysis of the proximal femur in a diverse sample of dogs. *Research in Veterinary Science*, 2006, 80, 243-252
62. Palmer R.H.: Patellar Luxation: Therapeutic Options in Small Breed Dogs. *ACVS Veterinary Symposium Equine and Small Animal Proceedings*, 1 Ottobre 2002
63. Palmer R.H.: Patellar Luxation: Femoral Osteotomy and Other Therapeutic Options in Large Breed Dogs. *ACVS Veterinary Symposium Equine and Small Animal Proceedings*, 1 Ottobre 2002
64. Palmer R.H.: Patellar Luxation: Therapeutic Options in Small Breed Dogs. *ACVS Veterinary Symposium Equine and Small Animal Proceedings*, 1 Ottobre 2002
65. Payne J.T., Constantinescu G.M.: Stifle joint anatomy and surgical approaches in the dog. *Vet Clin North Am: Small Animal Practice* 1993, 23:4, 691-701
66. Peluski A.M., Kowalesky M.P., Pozzi A., Dyce J., Johnson K.A.: Treatment of medial patellar luxation and distal femoral varus by femoral wedge osteotomy in dogs: 30 cases (2000-2005). *2nd World Veterinary Orthopaedic Congress*, Keystone, CO, USA, 25 Febbraio – 4 Marzo 2006
67. Petazzoni M., Ferretti A.: Interpretazione radiografica delle deviazioni assiali del treno posteriore. *Incontro SIOVET*, Cremona, 18-19 novembre 2006
68. Piermattei D.L., Flo G.L.: *Ortopedia e trattamento delle fratture dei piccoli animali*, 3 ed., Masson (Ed), 1999
69. Pucheu B., Barreau P., Duhautois B.: Le lussazioni della rotula nel cucciolo: patogenesi e diagnosi delle lussazioni rotulee. *Summa*, 2004, 9, 57-60
70. Read R. A., Robins G. M.: Deformity of the proximal tibia in dogs. *Veterinary Record*, 1982, 111, 295-298
71. Reif U., Dejardin L.M., Probst C.W., DeCamp C.E., Flo G.L., Johnson A.L.: Influence of Limb Positioning and Measurement Method on the Magnitude of the Tibial Plateau Angle. *Veterinary Surgery*, 2004, 33, 368-375
72. Reif U., Dejardin L.M., Probst C.W., DeCamp C.E., Flo G.L., Johnson A.L.: Influence of limb positioning and observation method on the measurement of the tibial plateau angle. *1st World Orthopaedic Veterinary Congress*, Monaco, 5-8 Settembre 2002, 169

- 
73. Reif U., Probst C.W.: Comparison of Tibial Plateau Angles in Normal and Cranial Cruciate Deficient Stifles of Labrador Retrievers. *Veterinary Surgery*, 2003, 32, 385-389
  74. Reif U., Probst C.: The tibial plateau angle in Labrador retrievers with normal and cranial cruciate deficient stifles. 1st World Orthopaedic Veterinary Congress, Monaco, 5-8 Settembre 2002
  75. Remedios A.M., Fries C.L.: Treatment of canine hip dysplasia: a review. *Can Vet J*, 1995, 36:8, 503-509
  76. Riser W.H.: Displasia d'anca nel cane. In Bojrab M.J.: *Le Basi Patogenetiche delle Malattie Chirurgiche nei Piccoli Animali*. Gilardi (Ed), 2001, 1062-1071
  77. Riser W.H., Parkes L.J., Rhodes W.H., Shirer J.F.: Genu Valgum: A Stifle Deformity of Giant Dogs. *J Am Vet Radiol Soc*, 1969, 10:28
  78. Roush JK.: Lussazione della rotula nel cane. In *Clin. Vet. Nord Am. Picc. Anim. (Chirurgia del ginocchio)*, Antonio Delfino (Ed), 1997, 173-187
  79. Rumph P.F., Hathcock J.T.: A Symmetric Axis-based Method For Measuring The Projected Femoral Angle of Inclination in Dogs. *Veterinary Surgery*, 1990, 19:5, 328-333
  80. Ruwe P.A., Gage J.R., Ozonoff M.B., Deluca P.A.: Clinical determination of femoral anteversion – A comparison with established techniques. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 1992, 74 :6, 820-830
  81. Schulz K.S., Dejardin L.M.: Trattamento chirurgico della displasia dell'anca nel cane. In Slatter D.: *Trattato di chirurgia dei piccoli animali*, Antonio Delfino (Ed), 2005, 2029-2032.
  82. Shahar R., Banks-Sillis L.: Biomechanical Analysis of the Canine Hind Limb: Calculation of Forces During Three-legged Stance. *The Veterinary Journal*, 2002, 163, 240-250
  83. Slocum B., Slocum T.D.: Cranial tibial thrust: A primary force in the canine stifle. *JAVMA*, 1983, 183:4, 456-459
  84. Slocum B., Slocum T.D.: Alignment problems of the hindlimb. 10th ESVOT Congress, Monaco, 23-26 Marzo 2000
  85. Slocum B., Slocum T.D.: Anca – Caratteristiche radiografiche della displasia dell'anca. In Bojrab MJ, Ellison GW, Slocum B: *Tecnica chirurgica - Chirurgia ortopedico-traumatologica: rachide, scheletro appendicolare*, Vol. 2, Utet (Ed), 2004, 1089-1095

- 
86. Slocum B., Slocum T.D.: Ginocchio – Test diagnostici. In Bojrab M.J., Ellison G.W., Slocum B.: *Tecnica chirurgica – Chirurgia ortopedico-traumatologica: rachide, scheletro appendicolare*. Utet (Ed), 2004, 1131-1136
  87. Slocum B., Slocum T.D.: Limb Alignment. 40° Congresso Nazionale SCIVAC, Montecatini (LU), 2000, 301-304
  88. Slocum B., Slocum T.D.: Patellar Luxation: A Problem of Alignment. [www.slocumenterprises.com/Articles/patellar\\_luxation.htm](http://www.slocumenterprises.com/Articles/patellar_luxation.htm)
  89. Slocum B., Slocum T.D.: Patellar Luxation: A Problem of Alignment. 40° Congresso Nazionale SCIVAC, Montecatini (LU), 2000, 305-308
  90. Slocum B., Slocum T.D.: Rectus Femoris Transposition for Medial Patellar Luxation. [www.slocumenterprises.com/Articles/rectus\\_femoris\\_transfer.htm](http://www.slocumenterprises.com/Articles/rectus_femoris_transfer.htm)
  91. Slocum B., Slocum T.D.: Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine. *Vet Clin North Am: Small Animal Practice*, 23:4,1993, 777-795
  92. Slocum B., Slocum T.D.: Trattamento della lussazione rotulea mediale mediante trasposizione del muscolo retto femorale. In Bojrab MJ, Ellison GW, Slocum B: *Tecnica chirurgica - Chirurgia ortopedico-traumatologica: rachide, scheletro appendicolare*, Vol. 2, Utet (Ed), 2004, 1176-1178
  93. Tepic S., Damur D., Montavon P.M.: Biomechanics of the stifle joint. 1st World Orthopaedic Veterinary Congress, Monaco, 5-8 Settembre 2002, 189-190
  94. Towel H.A., Griffon D.J., Thomas M.W., Siegel A.M., Dunning D., Johnson A.: Pre- and Postoperative Radiographic and Computer Tomographic Evaluation of Dogs with Medial Patellar Luxation. *Veterinary Surgery*, 2005, 34, 265-272
  95. Vezzoni A.: Definizioni delle deviazioni assiali. Incontro SIOVET, Cremona, 18-19 novembre 2006
  96. Vezzoni A.: TPLO and TTA – do each have a role?. 12th Congress ESVOT, Monaco, 7-10 Settembre 2006, 153-154
  97. Vezzoni A. et al.: Trattamento chirurgico della rottura del legamento crociato anteriore nel cane mediante osteotomia livellante del piatto tibiale (TPLO): presupposti teorici ed esperienza clinica in 293 casi. *Veterinaria*, 2003, 3, 19-31

98. Weigel J.P., Wassermann J. F.: Biomeccanica dell'articolazione dell'anca normale e anormale. In Clin. Vet. Nord Am. Picc. Anim. (Displasia dell'anca), Antonio Delfino (Ed), 1992, 269-284

## APPENDICE

Tabella I: Angoli di inclinazione femorale: elaborazione statistica. Confronto fra ciascuna metodica su proiezioni radiografiche ventro-dorsale, postero-anteriore e a “cane seduto” modificata, e le corrispondenti misurazioni su segmento osseo isolato. (\*) = valori significativi per  $p < 0,05$

Proiezioni	Metodo	Valore P	Differenza fra le medie
<b>Segmento osseo isolato VS “cane seduto” modificata</b>	<i>Symax</i>	P = 0,5872	-0.7250 ± 1.305
	<i>Primo di Hauptman</i>	P = 0,2308	-3.325 ± 2.654
	<i>Secondo di Hauptman</i>	P = 0,2513	-3.488 ± 2.914
	<i>Montavon (Montavon corretto)</i>	P = 0,0710 (P = 0,3472)	-2.987 ± 1.529 (-1.813 ± 1.864)
<b>Segmento osseo isolato VS Postero-anteriore</b>	<i>Symax</i>	P = 0,4694	1.250 ± 1.681
	<i>Primo di Hauptman</i>	P = 0,8604	-0.5125 ± 2.862
	<i>Secondo di Hauptman</i>	P = 0,6691	-1.600 ± 3.665
	<i>Montavon (Montavon corretto)</i>	P = 0,9502 (P = 0,7937)	-0.08749 ± 1.377 (-0.3750 ± 1.407)
<b>Segmento osseo isolato VS VD standard</b>	<i>Symax</i>	<b>P = 0,0476 *</b>	2.762 ± 1.272
	<i>Primo di Hauptman</i>	P = 0,6142	-1.337 ± 2.595
	<i>Secondo di Hauptman</i>	P = 0,3487	2.625 ± 2.707
	<i>Montavon (Montavon corretto)</i>	P = 0,4577 (P = 1,0000)	0.7000 ± 0.9165 (0.0000 ± 1.069)

Tabella II: Angoli di deviazione anatomica femorale: elaborazione statistica. Confronto fra ciascuna metodica su proiezioni radiografiche ventro-dorsale, postero-anteriore e a “cane seduto” modificata, e le corrispondenti misurazioni su segmento osseo isolato. (\*) = valori significativi per  $p < 0,05$

Proiezioni	Metodo	Valore P	Differenza fra le medie
<b>Segmento osseo isolato VS “cane seduto” modificata</b>	<i>Symax</i>	P = 0,9426	0.1000 ± 1.365
	<i>Medicina umana</i>	P = 0,7392	0.4125 ± 1.215
	<i>Montavon</i>	P = 0,6109	-0.9750 ± 1.873
<b>Segmento osseo isolato VS Postero-anteriore</b>	<i>Symax</i>	P = 0,1083	2.325 ± 1.355
	<i>Medicina umana</i>	P = 0,0678	2.563 ± 1.295
	<i>Montavon</i>	P = 0,3122	1.938 ± 1.848
<b>Segmento osseo isolato VS VD standard</b>	<i>Symax</i>	P = 1,0000	-0.0000003576 ± 1.138
	<i>Medicina umana</i>	P = 0,9543	-0.06250 ± 1.072
	<i>Montavon</i>	P = 0,8643	-0.2625 ± 1.508

Tabella III: Angoli di anteroversione femorale: elaborazione statistica. Confronto fra proiezioni radiografiche ventro-dorsale, postero-anteriore e a “cane seduto” modificata, e le corrispondenti misurazioni su segmento osseo isolato. (\*) = valori significativi per  $p < 0,05$

Proiezioni	Metodo	Valore P	Differenza fra le medie
<b><i>“cane seduto” modificata VS Segmento osseo isolato</i></b>	<i>Metodo indiretto di Montavon</i>	<b>P = 0,0399 *</b>	$3.750 \pm 1.656$
<b><i>Postero-anteriore VS Segmento osseo isolato</i></b>	<i>Metodo indiretto di Montavon</i>	P = 0,5609	$1.062 \pm 1.784$
<b><i>VD standard VS Segmento osseo isolato</i></b>	<i>Metodo indiretto di Montavon</i>	P = 0,6940	$-0.6375 \pm 1.587$